

**PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK MOT FLOM I
VOSSOVASSDRAGET, FORPROSJEKT**



Kunde: Norges Vassdrags- og energidirektorat
Prosjekt: Prosjektering av sikringstiltak mot flom i
Vossovassdraget
Prosjektnummer: 10203644 (tidl. 56816001)
Dokumentnummer: 56816001-GEN-RAP-040 Rev.: 02
Dato: 12.06.2020

Sammendrag

I Vossovassdraget er det store utfordringer knyttet til flom. Etter flommen i 2014 var det store skader på veier, jernbane, bygninger og annen infrastruktur. Anslagene for flom framover er at skadeflommer vil bli hyppigere og enda kraftigere.

Vossovassdraget oppstrøms Vangsvatnet er vernet mot kraftutbygging. Vassdraget er nasjonalt laksevassdrag. Det har levd mennesker langs vassdraget i flere tusen år og det er kulturminner som må tas hensyn til forskjellige steder. Naturkvaliteter som landskap og naturmiljø i og utenfor elva må også hensyntas. Alt dette danner bakgrunnen for at dette forprosjektet som gjøres på oppdrag fra NVE, omhandler 3 strategier for å beskytte mot flom:

- Flomsikring med flomtuneller som holder vannet i vassdraget (VIV); alt. 7
- Flomsikring med flomtuneller som tar vannet ut av vassdraget (VUV); alt. 2
- Lokale flomsikringstiltak med murer, voller og mobile flomverk på Voss og Evanger

I både VIV/alternativ 7 og VUV/alternativ 2 inngår lokale flomsikringstiltak på Evanger. Det er gjort kostnadsestimater og utredet konsekvenser for alle alternativ.

Dimensjoneringskriteriet for rapporten har vært sikring mot 200-årsflom i et framtidig endret klima. Utredningen viser at vi kan sikre eksisterende bosetting og infrastruktur langs Vossovassdraget ved bruk av flomtunneler. Omfanget av tiltak kan reduseres ved optimalisering av løsninger eller om det velges et annet nivå for sikkerhet.

Muligheten til å kombinere kraftverk og flomtunnel er ikke en del av dette forprosjektet.

<p>Utarbeidet av: Magne Skog Emmanuel Jjunju Katherine Aurand Fredrik Johannessen Krishna Parasad Aryal Sylvi Gaut Ole Kristian Haug Bjølstad Jørgen Palmgren Eriksen Ine Vabø Sondre Hauglum Karen Holst Ingrid Rekkavik</p>	<p>Sign.: </p>
<p>Kontrollert av: Nils Andreas Loland Wolf-Dietrich Marchand Bent Aagard Per Ivar Bergan Trond Hjellbakk Marius Tonheim Sissel Øye Ann Katrine Birkeland</p>	<p>Sign.: </p>
<p>Godkjent av: Nils Andreas Loland.</p>	<p>Sign.: </p>
<p>Prosjektleder: Nils Andreas Loland.</p>	<p>Prosjekteier: Øystein Østerhus</p>

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.1.1	Flomproblematikken i Vossovassdraget	1
1.1.2	Tidligere utredninger	2
1.2	Formål	2
1.3	Alternativer i forprosjektet	2
1.4	Sentrale begreper og forutsetninger i rapporten	4
2	Metoder og forutsetninger	5
2.1	Vernegrunnlaget for Vossovassdraget og Granvinsvassdraget	5
2.2	Hydrologi	5
2.2.1	Beskrivelse av Vossovassdraget	5
2.2.2	Hydrologiske beregninger	7
2.3	Hydrauliske beregninger	9
2.4	Ingeniørgeologi	10
2.5	Geoteknikk	12
2.6	Hydrogeologi	14
2.6.1	<i>Lokale sikringstiltak</i>	14
2.6.2	<i>Overføringstunneler</i>	14
2.7	Vannforsyning, avløp og overvannshåndtering	14
2.8	Naturmiljø	15
2.9	Landskap	16
2.10	Kulturminner	18
2.11	Kostnadsvurderinger	18
3	Tekniske løsninger benyttet i prosjektet	19
3.1	Obermeyer-luker	19
3.2	Mobile flomverk	20
3.3	Flommurerer	21
4	Flomsikring med flomtunneler for vann i vassdraget (VIV), alternativ 7	22
4.1	Innledning	22
4.2	Teknisk beskrivelse	23
4.2.1	Palmafossen – Sætre, tunnel 6-3	23
4.2.2	Adkomst og rigg	25
4.2.3	Tverrslag Palmafossen	25

4.2.4	Utløp og tverrslag Sætre	25
4.2.5	Ænsstraumen – Hellesnes, tunnel 6-14	26
4.2.6	Skjelde – Evanger, tunnel 6-6	31
4.2.7	Horveid – Bolstadøyri, tunnel 6-9	35
4.2.8	Kostnader for alternativet vann i vassdraget	38
4.3	Vurdering av konsekvenser	39
4.3.1	Hydrologi og hydraulikk	39
4.3.2	Hydrogeologi	41
4.3.3	Naturmiljø	41
4.3.4	Landskap	43
4.3.5	Kulturminner/kulturmiljø	47
4.3.6	Skred og erosjon	49
5	Flomsikring med å føre vann ut fra vassdraget (VUV), alternativ 2	50
5.1	Innledning	50
5.2	Teknisk beskrivelse	51
5.2.1	Urland – Granvin, tunnel 6-19	51
5.2.2	Nesheim – Granvin, tunnel 6-2	53
5.2.3	Adkomst og rigg	55
5.2.4	Kostnadsberegninger	58
5.3	Vurdering av konsekvenser	59
5.3.1	Hydrologi og hydraulikk	59
5.3.2	Hydrogeologi	60
5.3.3	Naturmiljø	61
5.3.4	Landskap	62
5.3.5	Kulturminner/kulturmiljø	63
6	Lokale sikringstiltak	65
6.1	Innledning	65
6.2	Lokale flomsikringstiltak Voss	65
6.2.1	Overordnet utforming	65
6.2.2	Teknisk beskrivelse flomsikringsmur og mobile flomverk Voss	66
6.2.3	Kostnader	67
6.3	Lokale flomsikringstiltak Evanger	68
6.3.1	Overordnet utforming flomverk Evanger	68
6.3.2	Teknisk beskrivelse flomsikringsmur og mobile flomverk Evanger	69
6.3.3	Heving av terreng Evanger	70
6.4	Håndtering av overvann ved etablering av flomverk	71
6.5	Vurdering av konsekvenser	72
6.5.1	Hydrologi og hydraulikk	72

6.5.2	Hydrogeologi	72
6.5.3	Vannforsyning, avløp og overvannshåndtering	73
6.5.4	Naturmiljø	74
6.5.5	Landskap	75
6.5.6	Kulturminner/kulturmiljø	76
7	Deponier, transport og anvendelse av stein	77
8	Forslag til videre arbeid	77
8.1	Hydrologi	77
8.2	Hydraulikk	78
8.3	Ingeniørgeologi	78
8.4	Geoteknikk	79
8.5	Hydrogeologi	79
8.6	Miljø	79
8.7	Landskap	79
8.8	Kulturminner	80
8.9	Videre planlegging	81
9	Vedlegg	82
10	Referanseliste	82

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Flomproblematikken i Vossovassdraget

Voss har opp gjennom historien vært utsatt for gjentatte skadeflommer og det finns historiske kilder som dokumenterer dette. Den første kjente flommen er fra 1604 og er markert på en av pilarene i Voss kirke. I 1743 hadde man *Storflaumen* og da stod vannet til koret i kirken og vannføringen skal ha vært beregnet til 700 m³. Det var og store flommer i 1719, 1745, 1790 og flere ganger på 1800 tallet.

For å gjøre noe med de tilbakevendende flomproblemen ble det i 1865-66 gjort tiltak i utløpet av Vangsvatnet for å øke kapasiteten ut av vannet og kanaldirektøren uttalte følgende etter at arbeidene var ferdige: «*at en Flom som den i 1864 ganske sikkert var sænket 4 Fod, kanskje 5 å 6 Fod som følge av dette*» Det fulgte likevel høy vannstand i Vangsvatnet i årene etter tiltakene. I 1990 ble det foretatt en utviding og senkning av elveløpet ut av Vangsvatnet i en lengde på 600 m for å senke vannstanden i Vangsvatnet ved flom.

I 2014 ble flere vassdrag på Vestlandet rammet av storflom, deriblant Vossovassdraget. Denne flommen var på ca. 800 m³/s ut av Vangsvatnet og førte til svært omfattende skader på bygninger og infrastruktur både på Voss og Evanger og ellers langs vassdraget. I etterkant av denne flommen er det utbetalt forskringserstatninger på ca 500 mill NOK. I tillegg er det gjort utbedringer på veier og jernbane for betydelige summer.

Analysene av framtidig klima tilsier at flommene vil stige i intensitet og hyppighet. En antar at en flom på 800 m³/s vil kunne inntreffe oftere og at flomproblemen vil øke i framtida. Nedenfor er det vist et utdrag fra tabell 4.2 som viser hyppigheten av skadeflommer i dagens og fremtidig klima og med og uten tiltak i løpet av en periode på 25 år.

Sted	Antall skadeflommer (i løpet av 25 år)		Antall skadeflommer etter tiltak (i løpet av 25 år)	
	Dagens klima	Fremtidig klima	Dagens klima	Fremtidig klima
Vosso gjennom Voss sentrum	1	4	0	0
Vangsvatnet	1-2	10	0	0
Evanger	6	Ca. 30	0	5

Tabell 1-1 Oversikt over gjennomsnittlig antall skadeflommer i vassdraget.

Skal det gå an å bo langs vassdraget og benytte veier og jernbane til ferdsel kommer det fram av tabellen at det må gjøres tiltak for å begrense flomskadene.

Vassdraget er komplekst, stort og sammensatt. Nedbøren kan treffe ulikt i vassdraget og det kan for eksempel bli stor flom lenger ned i vassdraget uten at det er spesielt stor vannføring lenger oppe. Hydrologien og flomproblematikken er nærmere beskrevet i kapittel 2.2.

1.1.2 Tidligere utredninger

I etterkant av 2014-flommen engasjerte NVE i 2016 Multiconsult til å utarbeide en bred mulighetsstudie for flomdempende tiltak i Vossovassdraget.

Gjennom arbeidet med forprosjektrapporten er det blitt framskaffet bedre grunnlagsdata som har gjort det mulig å vurdere en rekke alternativer som tidligere ikke er vurdert. Det har derfor vært naturlig å gjøre en tilleggsutredning til mulighetsstudien for både å vurdere alternativene i mulighetsstudien i lys av ny kunnskap, og vurdere ytterligere alternativer. Alternativene er beskrevet i silingsrapporten [1]. Silingsrapporten tar for seg mange alternativer for flomsikring basert på de to hovedstrategiene (vann i vassdraget og vann ut av vassdraget). I tillegg er lokale tiltak på Voss og Evanger vurdert [2]. Resultatet fra silingsrapporten var at alternativ 2 ble valgt som best for strategien vann ut av vassdraget og alternativ 7 ble valgt som best for strategien vann i vassdraget.

1.2 Formål

Formålet med denne rapporten er prosjektering på forprosjektnivå i3nkludert dimensjonering, tegninger, overordnet beskrivelse og kostnadsoverslag av tiltak som gir:

- Flomsikring av Vossevangen grunnet oversvømmelse både fra tilløpselven Vosso, og fra vannstandsstigning i Vangsvatnet.
- Flomsikring av bebyggelse på Evanger grunnet oversvømmelse fra tilløpselven Vosso og fra vannstandsstigning i Evangervatnet.

I utgangspunktet er det logisk å sende vannet i tunnel rett i fjorden for å redusere skadene videre ned i vassdraget. Bakgrunnen for å utrede alternativet med å føre vann langs vassdraget, er at Vosso er nasjonalt laksevassdrag og i tillegg er den delen av elva som er oppstrøms Vangsvatnet vernet mot kraftutbygging. Å føre vann helt ut av nedbørfeltet er derfor kontroversielt og det er nødvendig å sammenligne dette med løsninger for å holde vannet i vassdraget med tanke på samfunnsnytte, kostnader og miljøkonsekvenser. Samfunnsnyttan vil i dette tilfelle si reduksjon av skader mot infrastruktur og boliger langs vassdraget.

I arbeidet har vi tilstrebet flomsikring etter reglene i TEK17. TEK17 krever at bolighus og infrastruktur bygges flomsikkert i forhold til Q_{200} , men i tillegg står det at «Plan og bygningsloven med forskrifter skal bidra til at nye bygninger og konstruksjoner tilpasses et endret klima». Dette er tatt hensyn til ved at det er anslått at flommene vil øke med 40 % i vassdraget fram mot år 2100 og at tiltakene er dimensjonert i henhold til dette. Omfanget av tiltak kan reduseres ved optimalisering av løsninger eller om det velges et annet nivå for sikkerhet.

En overordnet beskrivelse av alternativene i forprosjektet er vist i kapittel 1.3. Detaljene om alternativene finnes i kapittel 4-6 og i vedleggene.

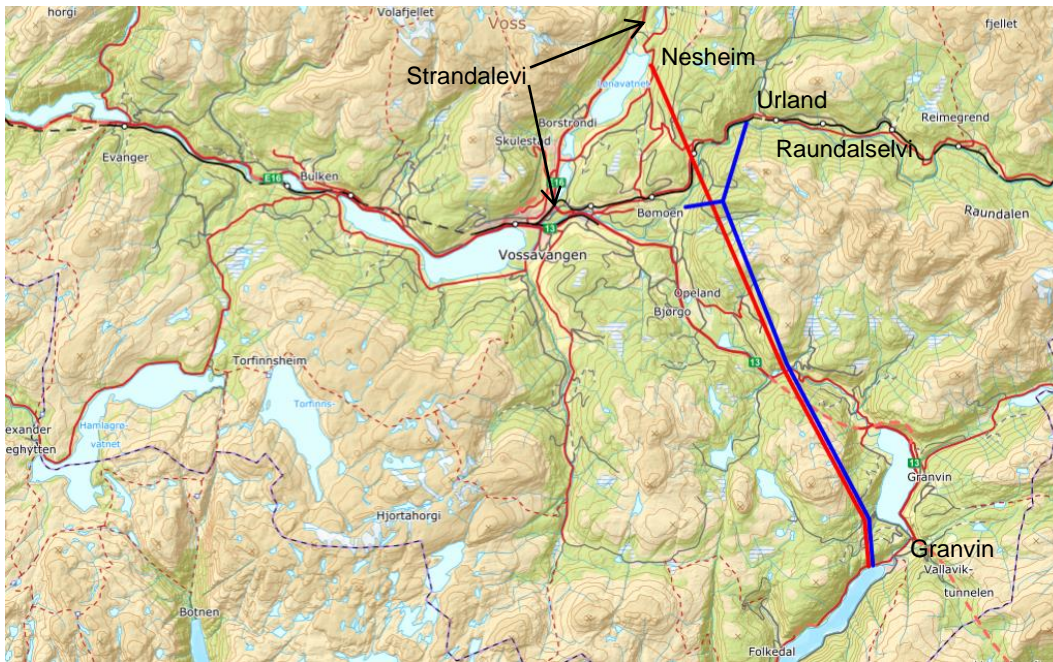
1.3 Alternativer i forprosjektet

Forprosjektet baserer seg på silingsrapporten og omhandler et alternativ for å føre vann ut av vassdraget (VUV) og et alternativ for å håndtere flomvannføring langsetter vassdraget (VIV). Disse inkluderer begge lokale tiltak på Evanger. I tillegg er det beskrevet lokale sikringstiltak ved Voss som kan gjennomføres alene eller sammen med andre tiltak. På bakgrunn av silingsrapporten er derfor følgende alternativer valgt for videre utredning i forprosjektet (nummerering fra silingsrapporten er videreført):

1. Vann ut av vassdraget (VUV): alternativ 2 (kapittel 5).
2. Vann i vassdraget (VIV): alternativ 7 (kapittel 4).
3. Lokale flommurer og flomverk på Voss og Evanger (kapittel 6).

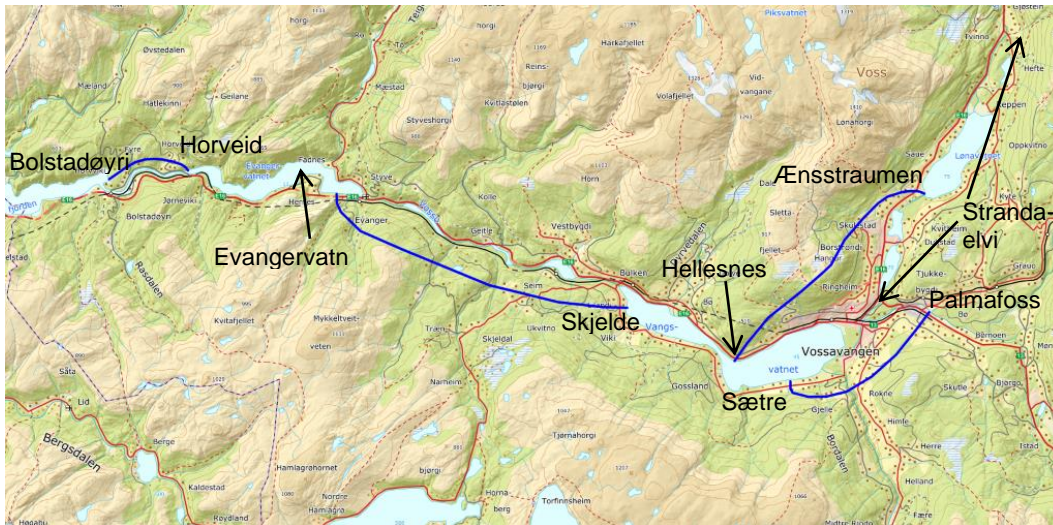
Nummereringa stammer fra den foregående silingsrapporten, samt at alternativsnumrene er benyttet i tilhørende vedlegg.

VUV / Alternativ 2 omfatter et flomsikringsalternativ som flomsikrer Voss ved å ta flomvannføring ut av vassdraget, uten å forverre situasjonen noen steder i vassdraget inkludert Straume. Det består av to flomtunneler som tar vann ut av vassdraget oppstrøms Voss sentrum. Den ene tunnelen overfører opptil 200 m³/s fra Nesheim i Lønnavtn, 76 m.o.h. til Granvinsfjorden. Den andre tunnelen overfører opptil 500 m³/s fra Umland ved samløpet mellom Umlandselvi og Raundalselvi (ca. 240 m.o.h.) til Granvinsfjorden. På grunn av ulik inntakshøyde er det lønnsomt å holde de to tunnelene atskilt. På den måten får en utnyttet det høye trykket fra Umland til å drive gjennom en stor vannmengde. Lokale tiltak ved Evanger er nødvendig i tillegg.



Figur 1-1 – konseptskisse for alternativ 2, vann ut av vassdraget (VUV).

VIV / Alternativ 7 omfatter et flomsikringsalternativ som flomsikrer Voss ved å holde vannet i vassdraget, uten å forverre situasjonen noen steder i vassdraget, unntatt ved Straume. Vannføringa gjennom Voss sentrum kontrolleres ved hjelp av to flomtunneler som fører flomvann forbi Voss, en fra Strandaelvi og en fra Raundalselvi. Tunnelen i Strandaelvi har inntak ved Ænsstraumen, i utløpet av Lønnavtn, og overfører 250 m³/s fra Strandaelvi til Hellesnes i Vangsvatn. Tunnelen i Raundalselvi har inntak ved Palmafossen overfører 450 m³/s fra Raundalselvi til Sætre i Vangsvatn. Vannstanden i Vangsvatn holdes under kote 49,90 for dimensjonerende flom ved hjelp av en stor flomtunnel med en samlet kapasitet på 650 m³/s fra Skjelde til Evangervatn. Vannstanden i Evangervatn skal holdes under kote 14,7 ved hjelp av en stor eller to tunneler av normal størrelse fra Horveid til Bolstadøyri.



Figur 1-2 – konseptskisse for vann i vassdraget (VIV): alternativ 7.

Det er i tillegg utredet lokale sikringstiltak på Voss for en vannstand i Vangsvatn på kote 51. Bakgrunnen for dette er at det er et rimeligere alternativ enn store overføringstunneler. Disse tiltakene vil ha lokal virkning for Voss sentrum. Kote 51 i Vangsvatn tilsvarer omtrent 200-årsflom i dagens klima. Det vil si at om klimaet utvikler seg slik prognosene tilsvarer fram mot år 2100 vil ikke flomverk opp til kote 51 alene være nok for å sikre Voss sentrum.

1.4 Sentrale begreper og forutsetninger i rapporten

Klima: det typiske værmønsteret på et sted, som for eksempel gjennomsnittlig og maksimal nedbørmengde, maksimums- og minimumstemperatur eller hvor ofte det blåser kraftig.

Klima beregnes på bakgrunn av **observasjoner** av **været** over en periode, normalt 30 år.

Framtidig klima: på grunn av forventet økt gjennomsnittstemperatur på jorda forventes det økt nedbør, spesielt i områder som får nedbør fra vest.

Klimapåslag: økningen i nedbørverdier for Vossovassdraget er antatt til 40 % fram mot år 2100 [2]. Dette vil medføre enda større flommer i framtida.

Skadeflom: flom som gir materielle skader eller store skader på naturen.

Begynnende skadeflom: flommer med høyere vannføring eller høyere vannstandsstigning enn dette gir skader. I Vossovassdraget er disse grensene vannføring på 1000 m³/s gjennom Voss sentrum og vannstand på henholdsvis 49,9 og 11,70 m.o.h. på Voss og Evanger.

Dimensjonerende flom: flomstørrelsen som infrastruktur og boligområder og flomsikringstiltak dimensjoneres for. For dimensjonering av sikringstiltakene er det benyttet dimensjonerende flom med klimapåslag (Q_{200 +40}) i henhold til kravene i TEK 17.

Prosjektkostnad P50: ved gjennomføring av 10 tilsvarende prosjekter vil 5 bli billigere og 5 blir dyrere.

Vosso er varig vernet mot kraftutbygging og vassdragsvernet gir ikke hjemmel til å gi konsesjon til nye kraftverk over 1 MW eller til å føre vann ut av vassdraget når det ikke er

flom. Muligheten til å kombinere kraftverk og flomtunnel er ikke en del av dette forprosjektet selv om dette er teknisk mulig.

2 Metoder og forutsetninger

2.1 Vernegrunnlaget for Vossovassdraget og Granvinsvassdraget

Vossovassdraget er verna i Verneplan III, 1986. Vernet omfatter Strondaelvi i nord, Raundalselvi i øst og Bordalselvi i sør, dvs Vossovassdraget oppstrøms Vangsvatnet. I Stortingsproposisjon nr 89 (1984-85) blir det fremholdt at "Kontaktutvalget uttaler at Vossovassdraget viser stor variasjon i naturtyper fra høyfjell til lavland og inneholder meget store verneverdier for både vilt- og fiskeinteressene, friluftsliv, kulturvitenskap og naturvitenskap." Vassdraget ble utredet utover på 70-tallet, og det ble funnet store naturfaglige verdier innenfor alle de naturvitenskapelige fagområdene. Verneinteressene i Vosso knytter seg til objektet som helhet. De tre greinene av vassdraget representerer et samspill av kvaliteter, og kan ikke erstatte hverandre. Vosso regnes også som særlig verdifull fordi den danner en kontinuerlig forbindelse mellom de oseanisk påvirkede vestlige deler og det kontinentalt påvirkede Flåmsvassdraget. En helhetsvurdering av vassdraget gjør at det kommer i høyeste verneklasse for alle fagområder. Miljøverndepartementet understreket hvordan mangfoldet i vassdraget, variasjonsbredden og vekslingen mellom ulike kvaliteter gjør det som helhet enestående, og et av de syv ubestridt mest verdifulle i Verneplan III.

Granvinelva er verna i samme verneplan. Vassdraget er sentrale deler av et variert og kontrastrikt landskap med skiftende topografi. Her inngår elveløpsformer, isavsmeltingsformer, botanikk, landfauna og vannfauna som viktige deler av naturmangfoldet.

I innstillinga om verneplanen er det drøftet hva vernet innebærer, og forklart at det har lite for seg å verne vassdrag mot kraftutbygging dersom verneverdiene uthules med andre typer inngrep. Utøvelsen av vernet er bestemt i Forskrift om rikspolitiske retningslinjer for vernede vassdrag, som trådte i kraft 08.01.1995. Den avgrenser verneobjektene til vassdragsbeltet med 100 m bredde langs siden, og andre deler av nedbørsfeltet som det er faglig dokumentert at har betydning for vassdragets verneverdi.

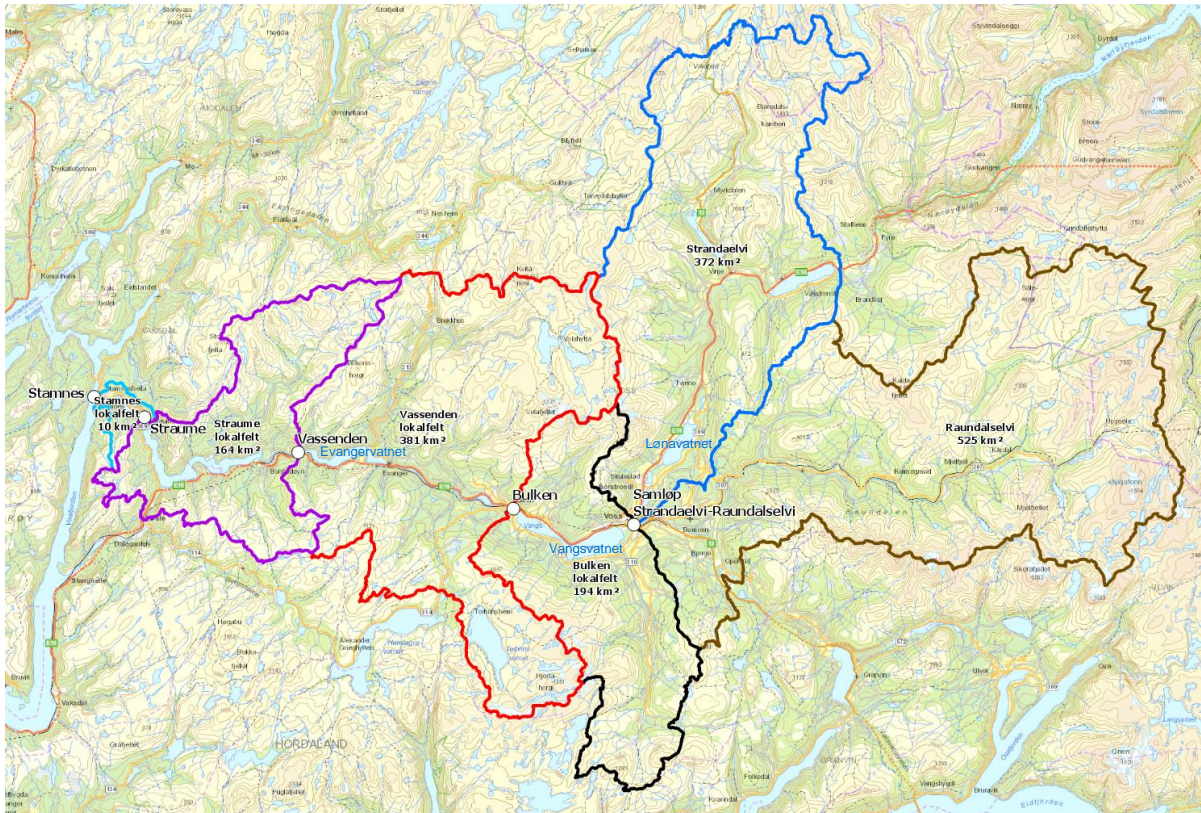
Forskriften lister opp de nasjonale målene for forvaltning av vernede vassdrag i punkt 3, og inkluderer "a. Unngå inngrep som reduserer verdien for landskapsbilde, naturvern, friluftsliv, vilt, fisk, kulturminner og kulturmiljø,", "c, sikre og utvikle friluftsverdien, særlig i områder nær befolkningskonsentrasjoner" og "d, sikre verdien knyttet til forekomster/områder i de vernede vassdragenes nedbørsfelt som det er faglig dokumentert at har betydning for vassdragets verneverdi,".

Det er særlig i 100-meters beltet flomtiltakene vil kunne endre vassdraget, men det er også særlig dette beltet som er utsatt for fremtidige flommer.

2.2 Hydrologi

2.2.1 Beskrivelse av Vossovassdraget

Vossovassdraget er det største vassdraget i Hordaland. Vassdraget strekker seg fra ca. 1600 moh ned til havet. Nedbørsfeltareal er rundt 1500 km² ved utløpet til Bolstadfjorden. Et kart over vassdraget med delfelter er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1: Oversiktskart over Vossovassdraget

De mest sentrale innsjøene i vassdraget er Lønnavatnet, Vangsvatnet og Evangervatnet. Ved innløpet til Vangsvatnet ligger tettstedet Voss. Størsteparten av tilsiget til Vangsvatnet kommer fra tre markerte sideelver.

1. Fra nord kommer Strandaelvi som har sitt utspring på Vikafjellet. Elva renner gjennom flere innsjøer som ligger relativt langt nede i delfeltet, dette virker flomdempende.
2. Raundalselvi drenerer de østlige områdene. Fravær av dempende innsjøer i de nedre delene av elva gjør at det er lite flomdemping og elva reagerer raskt når det kommer nedbør. NVE sin målestasjon VM 62.15.0 Kinne ligger i Raundalselvi, et lite stykke oppstrøms samløpet med Strandaelvi og er derfor meget representativt for nedbørfeltet til Raundalselvi og har 36 år med data (1983 – 2019).
3. Bordalselvi (en del av lokalfelt Bulken på kartet i Figur 2-1) drenerer de sørlige fjellområdene fra Hardangerfjorden. Også her er det lite flomdemping langs elva.

Etter samløpet av Strandaelvi og Raundalselvi kalles elva Vosso og den har en lengde på rundt 1 km før den munner i Vangsvatnet.

NVE målestasjon VM 62.5.0 Bulken ligger ved nedstrøms enden av Vangsvatnet og har 128 år med data (1892 – 2019). Denne dataserien er et sentralt grunnlag for den utførte hydrologiske vurderingen.

Fra Vangsvatnet renner Vosso til Evangervatnet (ca. 10 km) og ut i Bolstadfjorden (3,5 km). I forbindelse med Evanger kraftverk er det noen reguleringer og tilleggsoverføringer til vassdraget, men effekten av disse er små sett mot store flommer. Oppstrøms Evangervatnet har Vossovassdraget ingen reguleringsmagasiner.

En oversikt over normalavrenning og areal ved viktige punkter i vassdraget er vist i Tabell 2-1. Denne tabellen viser at Vossovassdraget normalt sett har en nedbørgradient fra vest til

øst, med mest nedbør i vest og minst i øst. Dette er normalt langs den norske kysten hvor orografisk løft (luft blir presset opp av fjellene) av fuktig luft fra havet er bestemmende for nedbørsmengden. Men det betyr ikke nødvendigvis at flommene alltid er størst nærmest kysten. Det kan forekomme ekstreme nedbørhendelser lengre inn i landet basert på konvektivt løft (varm luft som stiger opp). Dette fenomenet kan føre til store lokale flommer. I tillegg styres flomstørrelser av andre forhold som demping langs vassdraget eller snø i feltet i kombinasjon med høye temperaturer.

Punkt	Areal (km ²)	Normalavrenning Q_{N_6190} (l/s/km ²)
Strandaelvi (samløp Raundaelvi)	372	65
Raundaelvi (samløp Strandaelvi)	525	60
Bulken (utløp Vangsvatnet)	1092	65
Vassenden (utløp Evangervatnet)	1473	72
Straume	1637	74

Tabell 2-1: Areal og normalavrenning (1961-1990) for Vosso ved utvalgt punkter.

2.2.2 Hydrologiske beregninger

200-årsflom (Q_{200}) er beregnet. Et viktig grunnlag for utførte beregninger er observasjoner fra flommen i 2014. Denne flommen er godt dokumentert og beregnet i en rapport fra NVE [3]. Datagrunnlaget for NVE sin beregning kan klassifiseres som godt. For punkter i vassdraget der vi ikke har vannstands- og vannføringsmalinger, er skalering benyttet. Det er knyttet en større usikkerhet til disse vurderingene. Annet grunnlag for utførte beregninger er hydrologiske serier fra vannmerkene i vassdraget [4].

For å beregne 200-årsflom med tillegg for klimaendringer ($Q_{200+40\%}$) er anbefalinger fra NVE om fremtidige klimaendringer benyttet [2]. Vosso ligger i et av de områdene i Norge hvor klimaframskrivningene gir størst økning i flomstørrelser frem mot år 2100. Et klimapåslag på 40 prosent er benyttet.

Ved ulike flomhendelser vet vi av erfaring at den mest intense nedbøren/bidraget fra smelting finner sted i ulike delfelt fra gang til gang. Dette bekreftes av forskning på virkelige flomhendelser som viser at det er urealistisk å forutsette at det er maksimal flom i alle delfelt samtidig. Det er derfor etablert 6 ulike scenarier hvor forskjellige flomforløp er antatt for delfeltene. Scenariene er mer detaljert beskrevet i [5]. Scenario 0 representerer flommen fra 2014, mens scenario 1-5 representerer 200-års flom med klimapåslag ($Q_{200+40\%}$).

Scenario 0: Flommen fra 2014 fordelt i delfeltene

Scenario 1: $Q_{200+40\%}$ fordelt i delfeltene med samme fordeling som 2014-flommen

Scenario 2: Stor flom i Raundaelvi, tilsvarende mindre i andre felt

Scenario 3: Stor flom i Strandaelvi, tilsvarende mindre i andre felt

Scenario 4: Stor flom i lokalfeltet til Vangsvatnet, tilsvarende mindre i andre felt

Scenario 5: Stor flom i lokalfeltet til Evangervatnet, tilsvarende mindre i andre felt

Alle scenariene innebærer omtrent like mye vann totalt i vassdraget, men fordelinga mellom de ulike delfeltene blir forskjellig, se Tabell 2-2: Flomverdiene i delfeltene ved de ulike scenariene for flomfordeling. Tabell 2-2.

Sted	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Strandaelvi	321	639	403	639	464	352
Raundalselvi	782	1176	1176	810	596	453
Bulken	812	1096	1096	1096	1096	648
Vassenden	1429	1708	1708	1708	1708	1710
Straume		2221	2221	2221	2221	2233

Tabell 2-2: Flomverdiene i delfeltene ved de ulike scenariene for flomfordeling.

Scenariene viser at flommen kan fordele seg forskjellig ved ulike typer nedbørforløp. Vangsvatnet har en stor flomdempende effekt ettersom flommen ut av vannet ved Bulken kan være betydelig lavere enn det som strømmer inn. Scenario 5 viser at selv om det er «begrenset» med vann ut av Vangsvatnet, kan restfeltet videre ned til Vassenden ved utløpet av Evangervatnet bidra med store vannmengder. Det betyr at det kan bli stor flom i de nedre delene av vassdraget selv om en tar vekk mye vann langt oppe.

Som grunnlag for den hydrauliske modelleringen er vannføringsserier (timesverdier) fra 1995 til 2019 (25 år) rekonstruert for flere punkter i vassdraget [6]. Dette gir informasjon om antall dager med ulike vannføringer og vannstander i vassdraget for forskjellige flomsikringsalternativer mot nåværende situasjon. Dermed ser man hvor ofte flomtunnelene må tas i bruk.

Den lokale nedbørsmengden er beregnet ved Voss og Evanger for håndtering av overvann bak flommurene i en flomsituasjon [7]. Nedbørfeltene bak murene er forholdsvis små og korttidsnedbør er bestemmende. Vi vurderer derfor at vi ikke vil få like store hendelser samtidig som nedbør bak flommurer og avrenning i vassdraget. Det er derfor sett på historiske perioder med flom i Vosso og målte nedbørsdata i forbindelse med disse flomhendelsene. Basert på dette er flomtilsig Q_{200} , Q_{20} og Q_M fra nedbørfelt bak flommurene beregnet ved bruk av Rasjonell metode og NIFS formelverk med og uten klimapåslag. En oversikt over aktuelle hydrologiske rapporter og notater er vist i Tabell 2-3.

Dokument	Innhold
NVE-rapport 56/2015 [3]	Flomberegning for Vosso (062.Z), flomverdier ved utløpet av Vangsvatnet og Evangervatn
NVE notat 24.05.2019	Flomvannstand og flomvannføring Evangervatnet, Vosso (revurdering etter flommer i høsten, 2018)
56816001-RIHydro-RAP-001 [8]	Flomvurdering Vossovassdraget (2014 flommen, Q_M , Q_{20} , Q_{200} , $Q_{200+40\%}$)
56816001-RIHydro-NOT-037 [9]	Valg av vannføringsscenarier for tilsig fra delfeltene
56816001-RIHydro-NOT-052 [10]	Flomberegninger for Myrkdalsvatn, Oppheimsvatn og restfelt Strandaelvi
56816001-RIHydro-NOT-022 [6]	Rekonstruksjon av vannføringsserier (timesverdier) i Vossovassdraget
56816001-RIHydro-NOT-038 [7]	Nedbørsdata under flom i Vossovassdraget, for vannføring bak flommurene

Tabell 2-3 Oversikt over hydrologiske notater som er grunnlag for prosjektet.

2.3 Hydrauliske beregninger

En hydraulisk modell er utarbeidet for å simulere de ulike flomsikringsalternativene. Modellen er beskrevet i eget notat [11]. Modellen baseres på detaljerte vannlinjeberegninger langs vassdraget, der vannstand/vannføring ut av innsjøer og andre hydraulisk interessante punkter er beregnet. Vannlinjeberegningene er utført i RiverFlow2D+ GPU v4.0 og er beskrevet i separate vannlinjenotater som er listet opp i Tabell 2-4. En oversikt over hydrauliske beregninger og notater finnes i notatet «Oversikt over hydrauliske beregninger og vurderinger» [12].

Resulterende maksimale vannstander og vannføringer for forskjellige alternativer er beskrevet i notatene for hydrauliske vurderinger, som er listet opp i Tabell 2-5. Beregningene er utført med den hydrauliske modellen [11]. Fem forskjellige flomscenarier (scenario 1-5) er simulert for en 200-årsflom med 40 % klimapåslag (Q200+40 %) basert på notatet [5] om flomscenarier.

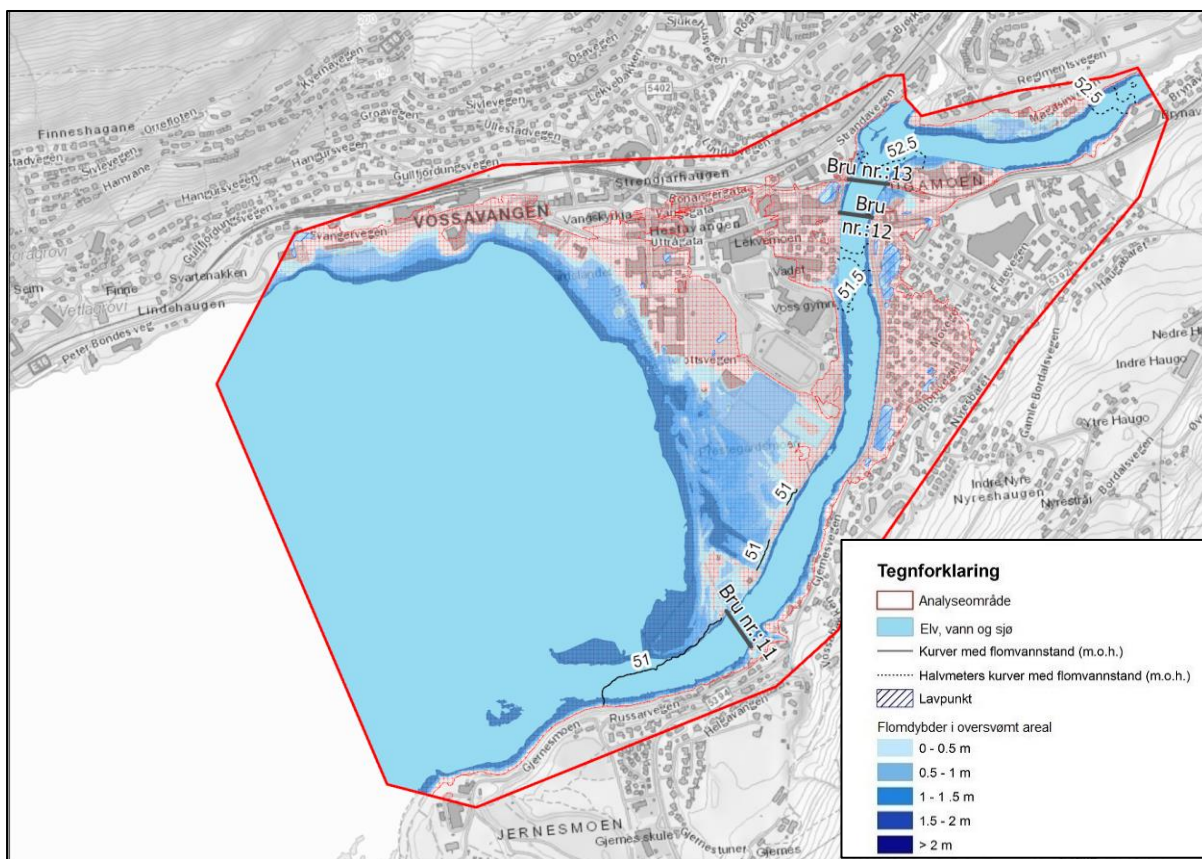
Dokumentkode	Innhold
56816001-RIVass-NOT-014 [13]	Vannlinjenotat Voss Sentrum
56816001-RIVass-NOT-015 [14]	Vannlinjenotat Evangervatnet – Bolstad
56816001-RIVass-NOT-016 [15]	Vannlinjenotat Evangervatnet
56816001-RIVass-NOT-017 [16]	Vannlinjenotat Hohølen - Evanger
56816001-RIVass-NOT-018 [17]	Vannlinjenotat Vangsvatnet – Hohølen
56816001-RIVass-NOT-019 [18]	Vannlinjenotat Bjørkemoen – Palmafoss
56816001-RIVass-NOT-035 [19]	Vannlinjenotat Bolstadfjorden - Havet
56816001-RIVass-NOT-063 [20]	Vannlinjenotat Utløp Lundarvatnet

Tabell 2-4 Vannlinjenotater

Dokumentkode	Innhold
56816001-RIVass-NOT-036 [21]	Tunnel fra Raundalen til Granvin
56816001-RIVass-NOT-042 [22]	Tunnel fra Strandaelvi og Raundalselvi til Granvin
56816001-RIVass-NOT-043 [23]	Tunnel fra Vangsvatnet til Hardangerfjorden
56816001-RIVass-NOT-044 [24]	Tunnel fra Vangsvatnet til Bolstadfjorden
56816001-RIVass-NOT-045 [25]	Tunnel fra Vangsvatnet til Bolstadfjorden via Evangervatn
56816001-RIVass-NOT-046 [26]	Tunnel fra Vangsvatnet til Evangervatnet eller Hohølen
56816001-RIVass-NOT-050 [27]	Tunnel fra Strandaelvi til Sognefjorden og Raundalselvi til Hardanger

Tabell 2-5 Hydrauliske notater

I tillegg er det utarbeidet flomsoner rapport for Voss sentrum og Evanger [28] [29]. Flomsonekart for Voss for en 200-årsflom med og uten klimapåslag er vist i Figur 2-2. Flommen i 2014 tilsvarte en 200-årsflom på Voss.



Figur 2-2 Flomsoneskart for 200-årsflommen + 200-årsflommen i år 2100 (rødt område) for Voss sentrum. Kilde: [28]

Kartet viser at store områder langs Vosso nedstrøms samløpet mellom Raundalselvi og Strandaelvi er utsatt for flom. Dette skyldes at vannstanden i Vangsvatnet stiger ved økende vannføring. Skadeflom gjennom Voss sentrum er estimert til å begynne ved en vannføring på ca 1000 m³/s [30].

2.4 Ingeniørgeologi

Ingeniørgeologisk prosjektering i dette prosjektet er basert på skrivebordsstudier av kart og terrengmodeller, tidligere utførte grunnundersøkelser og rapporter fra bergarbeider i nærområdet, befaringer i terreng og utførte grunnundersøkelser i forbindelse med dette prosjektet.

Området som omfatter prosjektområdet fra Bolstadfjorden til Urland er ca 35 km langt og fra Vangsvatnet til Granvin i sør er det ca. 20 km. Geologien i dette området varierer fra vest med overvekt av granittisk gneis, granodioritt og kvartsdioritt. Etter hvert som vi nærmer oss Vangsvatnet fra vest blir bergmassen stort sett fyllitt og glimmerskifer. Av tunneler som er planlagt i nærheten av Voss og Vangsvatnet vil mange drives i fyllitt og glimmerskifer. Videre mot Nærøyfjorden, nord for Vangsvatnet, går bergmassen over i granittiske gneiser, gabbro og metasandstein. Fra Vangsvatnet mot Granvin i sør vil, litt avhengig av høyden til tunnelen, store deler av tunnelen drives i fyllitt og glimmerskifer. Helt i sør ved Granvin er det kvartsdioritt, tonalitt og trondhjemit.

Typer og mektighet av svakhetssoner er grovt vurdert fra berggrunnsgeologisk kart, fjellskyggekart basert på terrengmodell generelt for området og på erfaringer fra andre

tunnelprosjekt i området. Det er for alle tunnelalternativer nødvendig å drive tunnel gjennom flere svakhetssoner. Hovedorientering av svakhetssoner i området er SV-NØ. Andre orienteringer som N-S og NV-SØ forekommer også. I tillegg vil det trolig være soner som er mer flattliggende etter bergartsgrenser som ikke så lett fanges opp på kartstudier. Alle soner som så langt er vurdert ansees av en slik kvalitet og utbredelse at det vurderes som mulig å drive gjennom ved bruk av vanlige sikringsmetoder; bergbolter, sprøytebetong og/eller armerte sikringsbuer.

Tunneltverrsnitt opp mot 100 m² tverrsnitt i disse bergmassene anses å kunne drives med sprengning av fulle salver og bergsikring i henhold til sikring etter for eksempel Q-systemet. For tverrsnitt over 120 m² kan driving måttet gjøres med oppdelt tverrsnitt samt at det vil kunne gi større stabilitetsutfordringer. Dette er foreløpig ikke hensyntatt. Ved inntak og utløp vil det bli benyttet to, tre eller fire mindre tunneler.

Flere av tunnelalternativene vil kunne få mer enn 500 meter og helt opp i over 1000 meter bergoverdekning. Det er for tunneler med stor overdekning, >600 m, eller utslag/inntak i bratte dalsider som f.eks. utslag ved Granvin, forventet høye spenninger som kan påvirke anbefalt tunnelgeometri og medføre spesielle vurderinger rundt stabilitetssikring.

Det er gjort en grov vurdering av naturfarer som steinsprang, snøskred og jord- og flomskred i forbindelse med vurdering av ulike påhugg i denne silingsfasen. Dette er omtalt under hver enkelt tunnel der det er vurdert som aktuelt og vist grovt i tabellform i vedlegg i [28]. Det er ikke gjort detaljvurderinger og sprekkekartlegging for tunneler eller påhuggsområder i denne fasen.

Beregninger så langt viser at vannhastigheter kan komme opp mot 10 m/s i enkelte tunneler i flomperioder. Vannhastigheten, sammen med at det samtidig må forventes at vannet drar med seg både stein og vegetasjon, gjør at det vil være nødvendig med økt sikring spesielt i svakhetssoner og områder der bergmassen er mer oppsprukket. Økt sikring vil i dette henseende også omfatte sikring av såle mot erosjon. Mange av tunnelene spesielt i området rundt Voss, er vurdert å ville gå i bergarten fyllitt eller glimmerskifer. Denne vurderes i området rundt Voss som stabil nok til å motstå erosjon av overnevnte vannhastighet i tunneler. Det vises til notat [29].

Grunnundersøkelser som er utført for dette prosjektet skal avdekke/bekreftede at løsmasseforhold eller bergmasseforhold er slik at planlagte tunneltraseer eller inntaks/utløpsområder er gjennomførbare og om det kan være store kostnadmessige konsekvenser ved enkelte tunneltraseer eller inntaks-/utløpsområder. Grunnundersøkelser som har vært utført sommer/høst 2018:

- **Fjellkontrollboringer** for kontroll av bergoverdekning og løsmassetykkelse ved eventuelle inntaks/påhuggsområder.
- **Totalsondering.** Totalsondering er en kombinasjon av fjellkontrollboring og modifisert dreietrykksondering. Metoden gir normalt god informasjon om lagdeling og den relative fastheten til løsmassene, og den har i tillegg stor nedtrengningsevne ved at det kan kobles inn vannspyling og slag under sonderingen. Metoden gir relativt sikker påvisning av bergnivå ved at det normalt avsluttes etter boring i antatt berg.

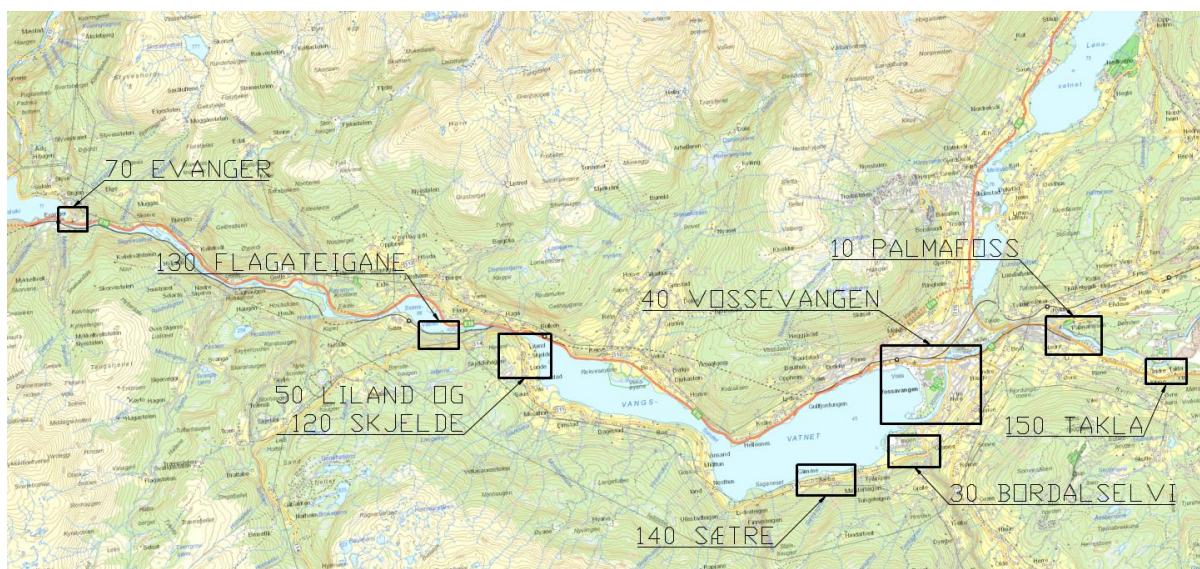
Det er utført befaringer av geotekniker eller ingeniørgeolog til de aller fleste tunnelpåhugg og inntaksområder i denne planfasen.

2.5 Geoteknikk

Det er utført grunnboringer på flere områder ved mulig tunnelinntak og -utløp, og der det er planlagt lokale tiltak. Geotekniske datarapporter er utarbeidet og samlet for tre ulike alternative løsninger: Vann i vassdrag (ViV), vann ut av vassdrag (VuV) og flomsikring med lokale tiltak. De områdene der det er utført grunnboringer, er oppsummert i tabellen nedenfor.

Alternativ	Område	Rapport nr /referanse	Bemerkning
ViV	Palmafoss, Bordalselvi, Liland, Flagateigane, Sætre Skjelde	56816001-RIG-RAP-007	Bordalselvi, Liland og Flagateigane er tatt ut fra ViV.
VuV	Takla	56816001-RIG-RAP-027	Takla er tatt ut fra VuV.
Lokale tiltak	Voss	56816001-RIG-RAP-028	
Lokale tiltak	Evanger	56816001-RIG-RAP-029	

Tabell 2-6 Utførte grunnboringer for Vosso flomsikringsprosjekt.



Figur 2-3 Kart over stedene det er utført grunnboringer.

Ved tunnelinntak på Palmafossen i Raundalselva og Skjelde i Vangsvatn er det utført grunnboringer med geoteknisk borerigg for å avdekke type løsmasser, dybde til berg, planlegge inntak og vurdere behov for støttekonstruksjoner og fundamentering av konstruksjoner. Ved Palmafossen finnes det også tidligere grunnundersøkelser utført av Statens vegvesen.

Ved tunnelutløp på Sætre i Vangsvatn er det utført grunnboringer for å avdekke type løsmasser, dybde til berg og å vurdere behov for støttekonstruksjoner.

For å prosjektere lokale flomsikringstiltak er det utført grunnundersøkelser i Voss sentrum og Evanger. Det er beregnet grunnvannstrømning i grunnen ved eventuell etablering av

flomvoller eller flommurer. Det henvises til geotekniske datarapporter for detaljoversikt over grunnforholdene på de ulike områdene.

Ved slutten av forstudiefasen ble det vurdert nye tunnelinntak og -utløp. På disse områdene er det ikke utført grunnundersøkelser i denne omgang, men alle områder er befart og grunn- og terrengforhold er vurdert basert på stedlige observasjoner.

1) Tunnel fra Lønnavatnet til Vangsvatnet (ViV)

Befart inntak ved Ænsstraumen i utløpet av Lønnavatnet og utfløp på Helleneset i Vangsvatn samt tverrslagene på Ringheim og Helleneset. Inntak i Ænsstraumen framstår som en god plassering i en vertikal fjellvegg. Oppstrøms Ænsstraumen er det også en mulig plassering, men bergoverdekning kan være kritisk her. I så fall kan det være en gunstig løsning med en åpen byggegrop og tilbakefylling over kulverten for å gjenopprette landsbruksområdet. Hvis tunneløsning fra Lønnavatnet blir aktuell, anbefales det å utføre grunnundersøkelser ved inntaket.

Ved planlagt tverrslag på Ringheim finnes det flere boringer utført av Statens vegvesen og Voss kommune. Plasseringen er vurdert som god. Ved tverrslaget forventes det en god del løsmassemektighet. Eventuelle støttekonstruksjon for å holde løsmasser prosjekteres ved etablering av tverrslaget.

I Vangsvatnet ved Helleneset er det planlagt dykket utløp. Flomtunnelen krysser under eksisterende jernbanetunnel og E16. Overdekning i jernbanetunnelen kan være kritisk og må vurderes i en senere fase.

2) Tunnel fra Palmafossen til Sætre (ViV)

Grunnen ved inntak og utløp er undersøkt. To hus ved inntaket må rives. Inntaket planlegges med tak over. Tverrslag og tunnelutløp i Vangsvatnet ved Sætre er vurdert til å være en god plassering med tanke på stabilitet og riggområde. Det er planlagt med dykket utløp i Vangsvatnet.

3) Tunnel fra Vangsvatnet til Evangervatnet (ViV)

Befart inntak på Skjelde i Vangsvatnet og tverrslag sør for Evanger stasjon. Ved Skjelde er det utført grunnundersøkelser. Plassering av tunnelinntak og riggområde er vurdert som god. Utløp i Evangervatnet er dykket. Plasseringen av tverrslaget på Evanger er vurdert som god.

4) Tunnel fra Evangervatn til Bolstadfjorden (ViV)

Det er planlagt inntak ved Horveid, tverrslag mellom Horveid og Bolstad og utløp i Bolstadfjorden. Ved tverrslaget er det observert massiv og stabilt berg. Dette område har god plass for riggområde. Plassering av tverrslag vurderes gunstig fordi dette ligger nesten midt mellom utløp og inntak.

5) Tunnel fra Lønnavatet til Granvinfjorden (VuV)

Det er tenkt inntak ved Nesheim i Lønnavatnet og utløp i Granvinfjorden med en lang tunnel. Område der inntak er skissert (mellom naustet og den lille hytta på kartutklipp) er det observert berg i dagen, men bergoverdekning er usikker. Det kan være behov for å sprengre lengre inn for å få nok bergoverdekning. Det er veldig lite plass til riggområde og alternativ plassering bør vurderes. Tilkomstvei fra Reppavegen er for bratt. Det finnes en traktorvei som kan oppgraderes til anleggsvei.

En lang tunnel drives til Granvinfjorden. Dykket utløp er planlagt i fjorden. Området er ikke befart og det er ikke utført grunnundersøkelser. Kartstudie viser bratt terreng og det er derfor forventet lite løsmasser.

2.6 Hydrogeologi

Det er innhentet grunnlagsmateriale i form av hydrogeologiske rapporter, geotekniske boringer og informasjon fra Voss kommune. I tillegg er data fra den nasjonale grunnvannsdatabasen (GRANADA) og kart fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) benyttet. Med bakgrunn i eksisterende datagrunnlag ved oppstart av prosjektet er følgende grunnundersøkelser gjennomført:

- Totalsonderinger
- Uttak av masseprøver for kornfordelingsanalyse
- Nedsetting av observasjonsbrønner (63 mm plastrør)
- Slugtester i nye og eksisterende observasjonsbrønner

Grunnundersøkelsene skal avdekke/bekreftede at løsmasseforholdene ligger til rette for lokale flom-sikringstiltak. Datagrunnlag og omfanget av de hydrogeologiske og geotekniske undersøkelsene ved Voss og Evanger er beskrevet i den hydrogeologiske rapporten [30]. Fordi massene i Voss sentrum er svært permeable, er det i tillegg til å vurdere strømming direkte under en flomvoll/-mur gjort en vurdering av de generelle grunnforholdene i området.

2.6.1 Lokale sikringstiltak

Det er utført grunnvannstandsmålinger og slugtester i ulike observasjonspunkter på Voss og Evanger.

Beregninger av løsmassenes vannledningsevne (hydraulisk konduktivitet) er utført ut fra masseprøver og slugtester. Slugtestene, som antas å gi det mest realistiske bilde av forholdene, viser en rask gjennomstrømming gjennom massene. Simulering av gjennomstrømming under flomvoller/-murer er derfor utført med en relativt konservativ og homogen permeabilitet for sand på 10^{-3} m/s. Simuleringene er utført ved hjelp av programmet SEEP/W/2007 fra GeoStudio. For et par steder er også programmet PLAXIS benyttet for å verifisere simuleringene.

Det henvises til den hydrogeologiske rapporten [30] for nærmere detaljer.

2.6.2 Overføringstunneler

Det er gjennomført en overordnet hydrogeologisk vurdering av de seks aktuelle tunneltraséene. Vurderingene er gjort basert på topografiske kart, «Norge i bilder» og GRANADA. Erfaringer fra studier av grunnvannssenkning knyttet til tunneldrift i Norge viser at det sjelden observeres endringer i grunnvannsnivå i avstander mer enn 200-300 m fra tunnelanlegg [28]. For vurdering av grunnvannsbrønner, som kan bli påvirket av tunellen, er det benyttet en influenssone på 300 m fra inntegnet tunneltrasé.

2.7 Vannforsyning, avløp og overvannshåndtering

Det er utarbeidet et konsept med lokale sikringstiltak rundt Voss sentrum og Evanger gitt en maksimal flomvannstand til kote +51 for Voss og kote +14,7 for Evanger. Konseptet har begrenset seg til å omhandle vann, avløp og overvann og har ikke inkludert andre infrastrukturelle elementer i sin evaluering. I alternativene for flomsikring med flomtunneller er forutsetningen at vannstanden i Vangsvatnet holdes under kote 49,9. Ved slik flomstigning er det ikke nødvendig med større lokale sikringstiltak i Voss sentrum.

Konseptet for lokale sikringstiltak for VA er beskrevet i egne rapporter med tilhørende vedlegg. [31] [32] [30]

Det er gjort undersøkelser av grunnforhold i området rundt Voss sentrum og det er gjort befaringer for evaluering av eksisterende overvannsnett. Ved utarbeidelse av konsept har mulige løsninger blitt drøftet med Swecos ingeniører i Nederland og Tsjekkia som har stor erfaring på dette feltet. I tillegg har innspill fra Teknisk etat i Voss kommune blitt inkludert i prosessen.

Grunnlag for beregninger og konsept er basert på kartdata på eksisterende VAO-nett i Voss sentrum og Evanger, oversikt over elver og pumpestasjoner rundt Voss sentrum og kartdata for eksisterende terreng overlevert fra Voss kommune. For beregning av tilrenningsområder, nedbørsfelt og vannføring i lavbrekk er beregningsprogrammene *Scalgo* og NVEs *NEVINA*-program blitt brukt.

2.8 Naturmiljø

For miljø er det foretatt en overordnet vurdering basert på data i offentlige tilgjengelige databaser og rapporter fra undersøkelser i vassdraget. I tillegg er en del av lokalitetene befart av biolog, uten at det er foretatt systematiske kartlegginger. Dette fortutsettes i senere fase av prosjektet. I forbindelse med alternativ med utløpstunnel i Bordalselvi, ble det i 2018 gjennomført elfiske for å kartlegge fiskebestanden der. Dette alternativet har senere gått ut, blant annet på grunn av miljøverdier, slik at det er ikke nærmere beskrevet.

Det ble 25. mars 2019 arrangert et møte på Voss med fokus på Ytre miljø. Der kom det en del innspill, spesielt med tanke på viktige gyteområder, men også andre deler av vassdraget som er spesielt viktig for laksen. Dette er tatt hensyn til i vurderinger av ulike alternativer.

Vosso er et nasjonalt laksevasdrag, noe som vil si at det er et vassdrag med en laksebestand som er gitt særlig beskyttelse. De nasjonale laksevasdragene og laksefjordene ble vedtatt av Stortinget våren 2007 (St.prp.nr.32). Ordningen omfatter ca. 75 prosent av den norske villaksressursen, og den inkluderer store og tallrike bestander med høy produktivitet, eller potensielt høy produktivitet, storlaksbestander og bestander med spesiell genetisk karakter.

Oppsummert vil det i slike vassdrag ikke være tillatt med nye tiltak og aktiviteter som kan skade villaksen. Dette gjør at det er svært viktig å vurdere miljøkonsekvensene ved planlegging av flomtiltak i Vossovassdraget. Raundalselvi og Strandaelvi oppstrøms Voss er også vernede vassdrag, noe som først og fremst var tenkt som vern mot kraftutbygging, men det er laget rikspolitiske retningslinjer for vernede vassdrag som slår fast at all forvaltning skal ta spesielt hensyn til verneverdiene i vernede vassdrag. Verneverdiene i vassdraget er nærmere beskrevet i kap.2.1.

Det er i vurderingene av de ulike alternativene lagt mye vekt på Vossolaksen. Laksen har de siste 10-15 årene vært gjennom en stor redningsaksjon, da laksebestanden i Vosso gikk gjennom en kollaps i bestanden fra slutten av 1980-tallet. Redningsaksjonen er gjennomført med at det er brukt store ressurser på utsetting av rogn, yngel og smolt i vassdraget. Dette sammen med slep av smolt ut til havet, førte til at laksebestanden tok seg betydelig opp fra 2011 og utover. Det har gjennom årene redningsaksjonen har pågått, vært gjennomført en lang rekke undersøkelser i vassdraget. Mye av dette arbeidet er oppsummert i Barlaup (2013) og Barlaup (2018). Mye av undersøkelsene har vært rettet mot overlevelse av smolt. Faktorene som er trukket fram som negative er fysiske inngrep i vassdrag i forbindelse med flomsikring, sur nedbør, lakselus og vassdragsregulering.

Det er også gjennomført en rekke biotopforbedrende tiltak i Vossovassdraget, blant annet utlegging av gytegrus i Lilandsosen og ved Skorve. Spesielt tiltakene ved Lilandsosen har

vært svært vellykket (Barlaup 2018), og det viktig å vurdere eventuell påvirkning på disse områdene.

Den naturlige dynamikken i vassdrag er viktig for at de skal fungere godt. Laksevassdrag er generelt avhengig av flommer for å fungere godt, da sedimentering fører til at hulrom tettes og habitatet blir dårligere for fisken. Dette er et typisk problem i sterkt regulerte vassdrag. Store skadeflommer vil ofte være negative, da dette kan føre til utspyling av ungfisk og direkte fiskedød på grunn av stor massetransport. I enkelte vassdrag kan likevel slike flommer på lengre sikt være positive, da de fører til en storstilt utvasking av finsedimenter i vassdraget (Barlaup 2018).

Det er gjennomført overordna vurderinger av hvordan de ulike alternativene vil påvirke fisk. Videre utredninger må ha spesielt fokus på lukestyring, slik at man unngår unaturlige dropp i vannføring på viktige elvestrekninger. Uttak av unødvendig mye vann i smoltutvandringsperioden kan potensielt forsinke eller stoppe utvandringen, noe som ikke vil være heldig. Hvor ofte flomtunnelene vil brukes er viktig informasjon, da det er stor risiko for at fisk vil gå ut gjennom inntakene. Dette er spesielt viktig å utrede med tanke på tunnelene som fører vann over til et annet fjordsystem. Beregninger (tabell 4-4 og tabell 5-4) viser at tunnelene i dagens klima vil åpne et sted mellom en gang i året og hvert fjerde år.

Vannhastigheter tunneler er relevant med tanke på mulig oppvandring av fisk. Beregninger viser på generelt grunnlag at hastighetene gjør oppvandring mulig, alt etter vannføring i tunnelene. Behovet for eventuelle sperreanordninger må vurderes og utredes i senere fase, men tabell 4-4 og tabell 5-4 viser at muligheten for oppvandring vil inntre svært sjelden. I tillegg til at tunnelene sjelden vil føre vann, må dette i tillegg treffe den delen av året som er aktuell for oppvandring av laks og sjørret.

Oppsummert viser dette at eventuelle flomtunneler i Vossovassdraget må ha stort fokus på laksen, slik at det ikke oppstår ytterligere negativ påvirkning på laksebestanden.

2.9 Landskap

Kunnskapsgrunnlaget om landskapet i studieområdet er basert på befaringer, beskrivelser og kategorisering i NIJOS (10/2005) og Aurland Naturverkstad (2011-07), og supplert gjennom tverrfaglig koordinering med de andre fagene i prosjektgruppen og deres kunnskapsgrunnlag. Rapporten fra NIJOS beskriver landskapet i forhold til terrengform, vegetasjon, bebyggelse osv. Rapporten fra Aurland Naturverkstad vektet i tillegg landskapene i forhold til en faglig anerkjent verdiskala. I forhold til denne rapporten varierer landskapsområdene i studieområdet fra vanlig til stor verdi som er over gjennomsnittet i regional sammenheng, med de mest verdifulle områdene i hovedsak i de mest uberørte delene av enkelte høyfjellsområder i studieområdet.

Vernet av Vosso- og Granvinsvassdraget gjelder etter Forskriften også landskapsbildet for vassdraget og 100-meters beltet. Tiltak i 100-meters beltet skal ikke forringe landskapsbildet slik at verneverdien forringes. Dette kan etter hvert bli noe problematisk, da også hyppigere og mer voldsomme flommer kan medføre endringer i 100-meters beltet som kan forringe landskapsbildet og verneverdien. I de utfyllende kommentarene til Forskriften står det at "Vassdragene er viktige elementer i norsk natur. Ingen andre nasjoner i Europa kan vise til lignende variasjon i vassdragsnaturen. Samtidig har vann og vassdrag til alle tider vært viktig lokaliseringfaktor for bosetting og ferdsel. Store deler av landets kulturminner og kulturmiljøer finnes derfor i vassdragsnære områder."

Formålet med dette forprosjektet er flomsikring for å opprettholde bosetting og levevei langs vassdraget. Flomsikringstiltakene vil endre landskapsbildet ved Lønavatnet, Urland og

Palmafossen, som ligger innenfor vernesonen. Tverrslaget ved Nesbøen kan også komme til å bli et merkbart inngrep lokalt i vernesonen omkring Granvinsvassdraget. Tiltakene i og nedenfor Vangsvatnet vil ligge utenfor vernesonen, uten at de av den grunn alene kan sies å være akseptable i forhold til landskapsbildet.

Landskapet beskrives og forklares ut fra landskapselementene det består av, og deres innbyrdes forhold. Studieområdet er omfattende, ettersom det inkluderer mulige arealer for uttak av vann fra vassdraget høyt oppe i Raundalen, områder der tverrslag kan bli aktuelt og masser deponert i fjellområdene over, ulike lokaliteter for påhugg og utslipp mellom Raundalen og Bolstadøyri, samt mulige utslipp og tverrslag nedover mot Granvin og Hardangerfjorden. Naturlig nok varierer landskapet en stor del i alle disse områdene. Det er i hovedsak dalen mellom Bolstadøyri og Voss som har vært befaret for landskap sin del, samt dalen mellom Voss og Nesheim.

Landskapet varierer i skala fra store og åpne landskapsrom som høyfjellsområdene vil være, via mindre rom som landskapsrommet der Vangsvatnet danner gulv, og mer intime områder som flere av lokalitetene nedover dalføret mot Bordalsøyri. Området er preget av spredt bebyggelse, særlig større og mindre gårdstun organisert langs veiene som følger dalsidene, men også spredte eneboliger, særlig ved Voss og tettsteder som Evanger. Voss er den største bystrukturen med flere høyhus og ulike samfunnsmessige institusjoner samt stort stasjonsområde. Evanger har også struktur som en liten bygdeby med Knute Nelson-gate og noe som oppleves som en allmenning ned mot Evangervatnet.

Landskapsformen er variert langs ferdselsårene og gjør at man stadig beveger seg gjennom ulike landskapsrom og -situasjoner. Det kan være relativt store jorder i landbruksområdene, men de har en variert form og det er ofte vegetasjon i rekker eller klynger på og ved dem. Bebyggelsen ligger mye i klynger, og varierer mellom store og mindre bygg, noen nye og noen til dels svært gamle.

Landskapet fremstår som helhetlig og velstelt, tilknytningen mellom menneskelig aktivitet og landskapet er tydelig ved at det er preget av jordbruk og nærhet til vann og vassdrag med fiske samt ressursene høyere opp i dalførene, og bebyggelse og infrastruktur har i hovedsak en liten skala. Overganger mellom land og vann foregår for det meste naturlig, slik at også der for eksempel vei eller jernbane ligger på fylling i vannet er denne etablert og vokst til med lokal vegetasjon. Voss er et tydelig knutepunkt mellom Hardanger, Sogn, Raundalen og Osterfjorden, og kontinuiteten i landskapet er synlig ved gamle kirker og andre institusjoner.

På bakgrunn av dette bør nye landskapselementer tilpasses omgivelsene for ikke å bryte helheten og skalaen. Bygg bør få en størrelse og utforming som er gjenkjennelig i landskapet. Antallet tekniske innretninger ved lokalitetene bør holdes på et minimum, ev skjult inne i andre konstruksjoner. Skjæringer og fyllinger bør holdes til et minimum, og terrengformer bør følges. Det er viktig å etterstrebe gode overflater på skjæringene og unngå rufsete sår i terrenget. Fremgangsmåten må tilpasses fjellets geologi på de ulike stedene.

Det er også viktig at anleggsgjennomføringen foregår med tanke på hvordan terrenget skal tilbakeføres ved anleggsslutt. Stedegen jord må ivaretas på riktig måte, og legges tilbake slik at den danner gode avslutninger og den lokale frøbanken kan gro til igjen. Anleggsfasen er en midlertidig og forbigående fase, men det er ikke uvanlig at for eksempel en midlertidig vei eller riggplass forutsetter skjæringer i terrenget som det ikke er mulig å tilbakeføre på en god måte, og de får derfor permanent varighet.

Det er disse føringene som har ligget til grunn i den tverrfaglige koordineringen med de tekniske fagene. Landskap har vært med i de fleste diskusjoner om hvor vannet skulle kunne tas ut av vassdraget og slippes inn igjen, samt hvilke tekniske anlegg som skulle benyttes. Når det er sagt, har de tekniske forutsetningene for hvor man kunne lage tunnelpåhugg og

inntak med tanke på fjell og geoteknikk, vurderinger av effekten fra å ta gitt volum vann ut fra dette punktet, og påvirkning på fisk, vært førende for hvilke valg som ble gjort. Dette med unntak av Bordalen og Bordalsgjelet. Utslipp fra Palmafossen ble vurdert her, men denne løsningen ble forlatt av landskaphensyn. Underveis i planleggingen ble det tydelig at landskapsrommet ikke ville bli til å kjenne igjen, og det ble søkt andre løsninger for utslippet.

2.10 Kulturminner

Den første systematiske registreringen av fornminner på Voss ble gjort av arkeologen Per Fett. *Førhistoriske minne på Voss* (1956) omtalte til da kjente fornminner. Oversikten ble senere supplert gjennom kartleggingen til Økonomisk Kartverk (ØK) i 1981. Registreringene omfattet hovedsakelig de kulturminnene som var kjente fra før eller som var synlig over bakken, og dekket kun områder som ble dekket av ØK-kart.

Det er gjort en rekke arkeologiske undersøkelser i Voss kommune gjennom årene. Stort sett vil slike undersøkelser være gjort i mindre skala, og være utløst av utbyggingsprosjekter, noe som tilsier at de fleste områdene som er undersøkt vil ligge i nærheten av bebyggelse, veier eller andre former for nyere tids inngrep i naturen. Vossevassdraget er et område rikt på arkeologiske kulturminner, knyttet særlig opp mot en rik jordbrukskultur i jernalderen og utover. De fleste arkeologiske kulturminner forventes derfor å bli funnet nær eksisterende bebyggelse og dagens jordbruksområder.

Stiftelsen Bergens Sjøfartsmuseum gjorde i tidsrommet 2009-2010 en marinarkeologisk kartlegging av Vossevassdraget. Området som ble kartlagt var fra Vossevangen til Bolstadøyri, og videre ut mot Stanneshella, samt fra Oppheims- og Myrkdalsvatnet til Vossevangen. Et av målene til prosjektet var å skaffe en oversikt over hvilke kulturminner som finnes under og ved vannet i vassdraget, fra en maritim historisk og arkeologisk synsvinkel. Viktige temaer var ferdselen mellom Voss og Bergen og frakt av tømmer, samt andre næringer knyttet til vassdraget. Vi har gjennomgått rapporten fra undersøkelsene, og vist til relevante funn underveis i vår rapport.

Voss kommune og Asplan Viak utførte i 2018 en DIVE-analyse (kulturhistorisk stedsanalyse) av Vossevangen, sentrum i Voss kommune. DIVE-analysen ble utarbeidet i forbindelse med ny Områdereguleringsplan for Vossevangen. Blant de viktigste historiske trekkene som ble løftet fram var Vangskyrkja fra 1277 og middelalderkirkegården, Olavskrossen, eldre bygårder langs Vangsgata og trehusbebyggelse på Lekvemoen, stasjonsmiljøet og Fleischers hotell langs Vossebanen, samt gjenreisningsarkitekturen fra etterkrigstiden. I tillegg ble også gamle veifar nevnt, hvorav Prestegårdsalleen er godt bevart.

Funn av automatisk fredete kulturminner, kulturminner under vann, statlig listeførte kulturminner, kulturlandskap, kommunalt vernede kulturminner m.m. er lagt inn i Riksantikvarens database Askeladden. Askeladden har vært i bruk kontinuerlig som en viktig kilde om kulturminner i prosjektet.

2.11 Kostnadsvurderinger

Kostnadsberegningene er gjort med utgangspunkt i 2020-priser. NVE sitt kostnadsgrunnlag fra 2015 justert for prisstigning er benyttet i kombinasjon med erfaringstall fra andre prosjekter. Alle kostnader er beregnet ut fra hva en tror det faktisk vil koste.

De store kostnadene er knyttet til tunnelene. Boring og sprengning er lagt til grunn for kostnadstallene. Fullprofilboring kan være aktuelt på de lengre tunnelene, men dette er ikke tatt inn nå. Andre avgjørende faktorer er geologi, sikringsomfang og hvor rasjonell

anleggsdriften blir. Videre undersøkelser med seismikk og prøveboringer kan gi mer kunnskap om geologien som kan gi mer nøyaktige kostnadsoverslag.

En annen stor kostnad i prosjektet er transport. Det er lagt til grunn at alle massene skal transporteres til Bømoen eller Evanger. Dette er sterkt kostnadsdrivende. Det naturlige vil være å se etter egnede steder å deponere massene i nærheten av tverrslagene.

Kostnadene for inntakskonstruksjoner med luker er vurdert på et overordnet nivå siden dette utgjør en mindre del av totalen.

For flommurer og mobile flomverk er det gjort egne kostnadsoverslag. Det er behov for lokale tiltak på Evanger uavhengig av hvilke flomtuneller som bygges. De lokale tiltakene på Voss er det er aktuelt å gjennomføre alene eller i kombinasjon med enkelte flomtuneller.

Forventet kostnad for et prosjekt kalles ofte P50-estimat. Dette kan forklares med at om man gjennomfører 10 tilsvarende prosjekt vil 5 bli billigere enn P50 og 5 vil bli dyrere.

Det er også beregnet en verdi som inneholder reserver; P85. Denne kan forklares med at om 100 prosjekter gjennomføres så vil 85 bli billigere, mens 15 vil bli dyrere enn P85.

3 Tekniske løsninger benyttet i prosjektet

Flomsikring av vassdrag og tilstøtende områder kan gjøres ved å fjerne vann, heve områder, utvide/sikre elveleier eller bygging av flomvoller/murer og mobile flomverk. Dette forprosjektet omhandler både tiltak med å fjerne vann fra elva i tunneler og ved å beskytte områder ved bygging av flommurer og mobile flomverk. Dette kapitlet gir tekniske beskrivelser av tekniske løsninger som går igjen i beskrivelsene av de ulike tiltakene i kapittel 4 - 6.

3.1 Obermeyer-luker

Obermeyer-luker kan beskrives som en serie med stålplater som støttes på nedstrøms side av oppblåsbare luft-pølser. Ved å kontrollere trykket i "pølsene" kan vannstanden reguleres trinnløst innenfor lukesystemets høyeste og laveste vannstand. Når lufttrykket reduseres vil stålskjoldet automatisk legge seg ned slik at vannet strømmer over.

Obermeyer-lukene settes på et betongfundament og forankres til betongen med rustfrie stålankere. Luftpølsene er festet i stålankerene og koblet til lufttilførsel via rør som kan støpes inne i betongfundamentet. Luftrørene går til et eller flere lukehus hvor det står kompressorer koblet til strømtilførsel. Normalt vil systemet være tett, og kompressoren vil kun opereres i forbindelse med justering av lukene.

I overgangen mellom de ulike stålplatene legges neopren som tetting og anslag for neste luke.

Lukeseksjonene kan deles opp med betongpilarer ved retningsendringer. Pilarene kan benyttes til å støtte overliggende konstruksjoner.

Fordeler:

- Stålplatene dekker de underliggende luftpølsene i alle posisjoner og beskytter dem mot is, tømmerstokker og annet drivgods.
- Lukene kan reguleres trinnløst avhengig av behovet.
- Lukene har ingen høypresisjonsdeler eller lager som gir et begrenset vedlikeholdsbehov over tid
- Det er kun luft som benyttes til regulering, ingen hydrauliske væsker eller andre forurensende komponenter.

- De ulike luftprøisene er atskilt fra hverandre med sikkerhetsventiler eller separate rør slik at om det oppstår skade på en vil det ikke påvirke de andre.

De lukene som er knyttet til den samme lufttilførselen vil ha samme høyde på toppen. Men seksjoner med ulik lufttilførsel kan opereres uavhengig av hverandre. Lukene kan opereres lokalt og de kan fjernstyres.



Bilde 3-1 Eksempel på Obermeyer-luke.

Revisjonsstengsel.

For alle Obermeyer-lukene er det forutsatt benyttet bjelkestengsler som revisjonsstengsel. Det settes føringer i pilarene mellom de ulike lukene. Lengden mellom pilarene er imidlertid uhensiktsmessig lang for bjelkestengsler. Derfor må det settes vertikale profiler som støtter og holder bjelkene på plass på 2 eller 3 mellomliggende punkter. Dette blir tilsvarende som for montasje av mobile flomverk. De vertikale profilene monteres i utsparinger som til vanlig ligger beskyttet under en stålplate som festes med bolter og muttere til underlaget. Disse må i noen tilfeller settes under vann.

3.2 Mobile flomverk

Mobile flomverk er en form for bjelkestengsel som monteres mellom føringer som festes til et stabilt underlag. Dette kan gjøres ved at en stålplate med en boltegruppe fjernes og føringen monteres. Ved store høyder må føringene støttes av en skråstav. Flomverket må monteres på et tett underlag slik at det ikke kan lekket vann under.



Bilde 3-2 Eksempel på mobile flomverk.

Bjelker og føringer må lagres og være tilgjengelig ved behov. De må kunne fraktes dit de skal brukes og det må være utstyr og personell tilgjengelig for montasje. Personellet bør ha kunnskap og ferdigheter for å montere systemet raskt. I større byer som på Bilde 3-2 er det gjerne brannvesenet og profesjonelle brannmenn som utfører oppgaven. Arbeidsledelsen må være profesjonell og ha inngående kjennskap til systemene.

3.3 Flommurer

Flommurer er tette murer, normalt i betong, satt på tett underlag; fjell eller spuntvegg. Murene benyttes for å holde vannet på utsida og beskytte bygninger og andre objekter på innsida. Den må derfor være sammenhengende for å hindre vannet i å strømme inn på baksida av murene. Om det er nødvendig med åpninger for å sikre ferdsel må disse tettes ved flom.

Murene kan forblendes med stein for å gi et mer tiltalende utseende. Det er mulig å legge inn glassfelt i spesielle områder for å hindre barrierevirkning. Se Bilde 3-3

Flommurene kan kombineres med mobile flomverk for større totalhøyde. Dermed kan større totalhøyde oppnås uten at barrierevirkningen blir uakseptabel og samtidig som montasjejobben med flomverkene kan begrenses.

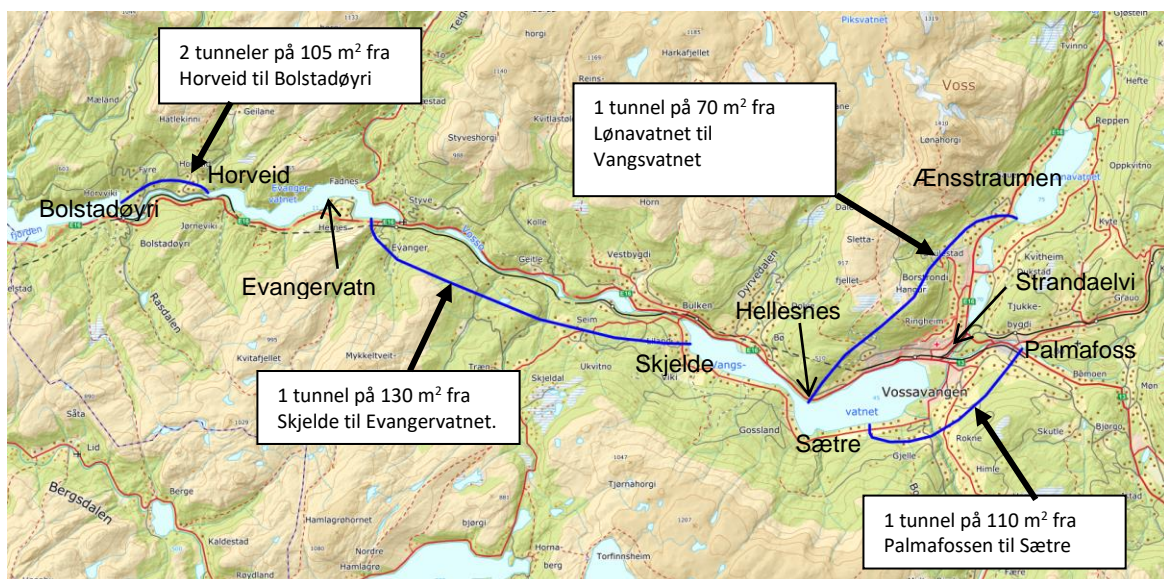


Bilde 3-3 Eksempel på flommur. Glassfeltene bryter opp og reduserer barrierevirkning. Foto: NVE.

4 Flomsikring med flomtunneler for vann i vassdraget (VIV), alternativ 7

4.1 Innledning

Det er fire tunneler og inntak som er forutsatt i konseptet flomsikring med flomtunneler for vann i vassdraget, se Figur 4-1. Hensikten er å redusere restvannføringa i elvene og holde vannstanden i Vangsvatnet og Evangervatnet nede slik at en unngår flomskader.



Figur 4-1 Tunneler som inngår i vann i vassdraget/alternativ 7.

Denne løsningen vil sikre en vannstand på kote 49,9 i Vangsvatnet. Videre vil et uttak av flomvann fra Lønnavatnet sikre Strandaelvi fra Lønnavatnet til samløpet med Raundalselvi mot flomskader. Løsningen sikrer også at en holder vannføringa gjennom Voss sentrum under vurdert skadeflomsnivå på ca. 1000 m³/s. Det vil derfor ikke være behov for flomverk langs Vosso gjennom Voss sentrum, men noe erosjonssikring må påregnes.

Vannstanden i Vangsvatnet holdes under kote 49,9 for dimensjonerende flom ved hjelp av 1 tunnel på 160 m² fra Skjelde til Evanger med en kapasitet på 650 m³/s. Dette vil holde vannstanden under skadeflomsnivå i Vangsvatnet og vannføringa under skadeflomsnivå i elva videre nedover til Evangervatnet.

For å unngå en forverring av situasjonen i Evangervatnet som et resultat av overføringa fra Vangsvatnet, etableres det flomtunneler fra Horveid ved utløpet av Evangervatnet til Bolstadfjorden. Disse tunnelene er forutsatt å ha en kapasitet på 650 m³/s. Likevel må det etableres noe lokale flomverk ved Evanger. Situasjonen vil forverres ved Straume uten egne tiltak der.

	Største flom	Tappekapasitet	Største restflom i elva
Palmafossen-Sætre	1176 m ³ /s	450 m ³ /s	726 m ³ /s
Ænsstraumen-Hellesnes	639 m ³ /s	250 m ³ /s	389 m ³ /s
Skjelde-Evanger	1096 m ³ /s	650 m ³ /s	446 m ³ /s
Horveid-Bolstadøyri	1710 m ³ /s	650 m ³ /s	1060 m ³ /s

Tabell 4-1 Oversikt over virkninga av flomtunnelene i vann i vassdraget. Største flom er basert på scenario 1-5 fra kapittel 2.

De tre tunnelene som har inntak i innsjø har inntaksterskelen på et sånt nivå at det alltid vil renne vann ut av utløpet til innsjøen. For Palmafossen-Sætre er det et minstevannføringsløp forbi inntaksdammen til kraftstasjonen som sørger for minstevannføring i elva. Her er det etablert et minstevannføringsregime og det blir ingen endring i det på grunn av en eventuell flomtunnel.

Løsningene for tunnelene er nærmere beskrevet i kapittel 4.2.

4.2 Teknisk beskrivelse

4.2.1 Palmafossen – Sætre, tunnel 6-3

Hensikten med tunnelen Palmafossen-Sætre er å lede vann forbi Voss sentrum og unngå erosjonsskader langs Vosso ned til Vangsvatnet. Inntaket er planlagt utført med seks obermeyer-luker med lengde 14,2 meter hver, total lengde 85,2 meter. Lukehøyden er forutsatt å være 1,9 meter noe som gir en tappekapasitet på 450 m³/s. Inntakene er nærmere beskrevet i [33]. Bak hvert lukeskjold er det en luftpølse som holder skjoldet i ønsket posisjon ved hjelp av trykkluft. Det er forutsatt at det skal gå to separate rør fra hver luftpølse til et lukehus hvor kompressor og sikkerhetsventiler for nødtapping av luft finnes, foruten eventuelle reservedeler og verktøy. Det skal forberedes med føringer for bjelkestengsel foran hver luke slik at vedlikehold og reparasjoner kan utføres tørt. Det er forutsatt kjøpt inn bjelker til 2 av 6 luker. Disse kan lagres på stedet eller på et sentralt lager i Voss. Se tegning 56816001-RIB-110-B-00.

Vannstrømmen fra to og to av lukene føres inn i til sammen 3 tunneler på 45 m². Ca 50 meter inne i fjellet samles de tre tunnelene til en tunnel på 105 m² som tar vannet ned til Sætre i Vangsvatnet gjennom en tunnel på 5 625 meter. Tunnelen drives fra et tverrslag nær

Palmafossen og Sætre, se Figur 4-2. Inntaket er planlagt dekket til med betongelementer slik at det blir minst mulig synlig i terrenget. Se Figur 4-3. Det må være kjøreadkomst for lastebil med kran slik at den kan bidra til å løfte lukeskjøldene ved revisjoner. Tiltaket krever rivning av to hus.



Figur 4-2 Tunnel 6-3: Palmafoss-Vangsvatn



Figur 4-3 Visualisering av det planlagte inntaket ved Palmafoss. På de fire feltene til høyre i bildet er skjoldene på Obermeyer-lukene vist. På de to feltene til venstre i bildet er det vist bjelkestengsel som settes for revisjon av lukene.

Inntaksterskelen på Palmafoss ligger så høyt at den den kan bygges med en moderat senkning i bassenget med kraftverket/bunntappeluke. Når betongterskel og pilarer er laget kan revisjonsstengsel med bjelker monteres før montasje av obermeyer-luker. Det er mulig at det vil bli dratt inn luft i tunnelsystemet under bruk. Dette er ikke utredet nå og må derfor i senere fase vurderes om det legges inn luftesjakt i høybrekk eller annet tiltak.

Adkomst og rigg

Det er god tilkomst til inntaket via eksisterende veg, rv. 13 Hardangervegn / kommunal veg Tjukkebygdvegen.

Tverrslag Palmafossen

Tilkomst til tverrslaget er plassert i ett område med næringsvirksomhet, og har god tilkomst via eksisterende veg. Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget. Det vil antagelig bli utlasting med dumper og mellomlagring av stein fra en sprengingssalve på utsida av tverrslaget. Massene vil eventuelt kjøres videre med lastebil med henger. Se Figur 4-4 Tverrslag og riggområde Palmafossen.



Figur 4-4 Tverrslag og riggområde Palmafossen.

Utløp og tverrslag Sætre

Området har tilkomst via fv. 5394 Vikjavegen/Gjernesvegen. Vikjavegen/Gjernesvegen vil bli sterkt belastet med massetransport i anleggsperioden. Vegen er smal og stedvis i relativt dårlig stand. Det er registrert tre (to på ca 3m, en på 32m) bruer i NVDB som må tilstandsvurderes med tanke på belastningen massetransporten innebærer. Det må også antas utbedringer av vegen etter og ev. under anleggsperioden. Det er antatt at massetransporten vil være øst for Sætre.



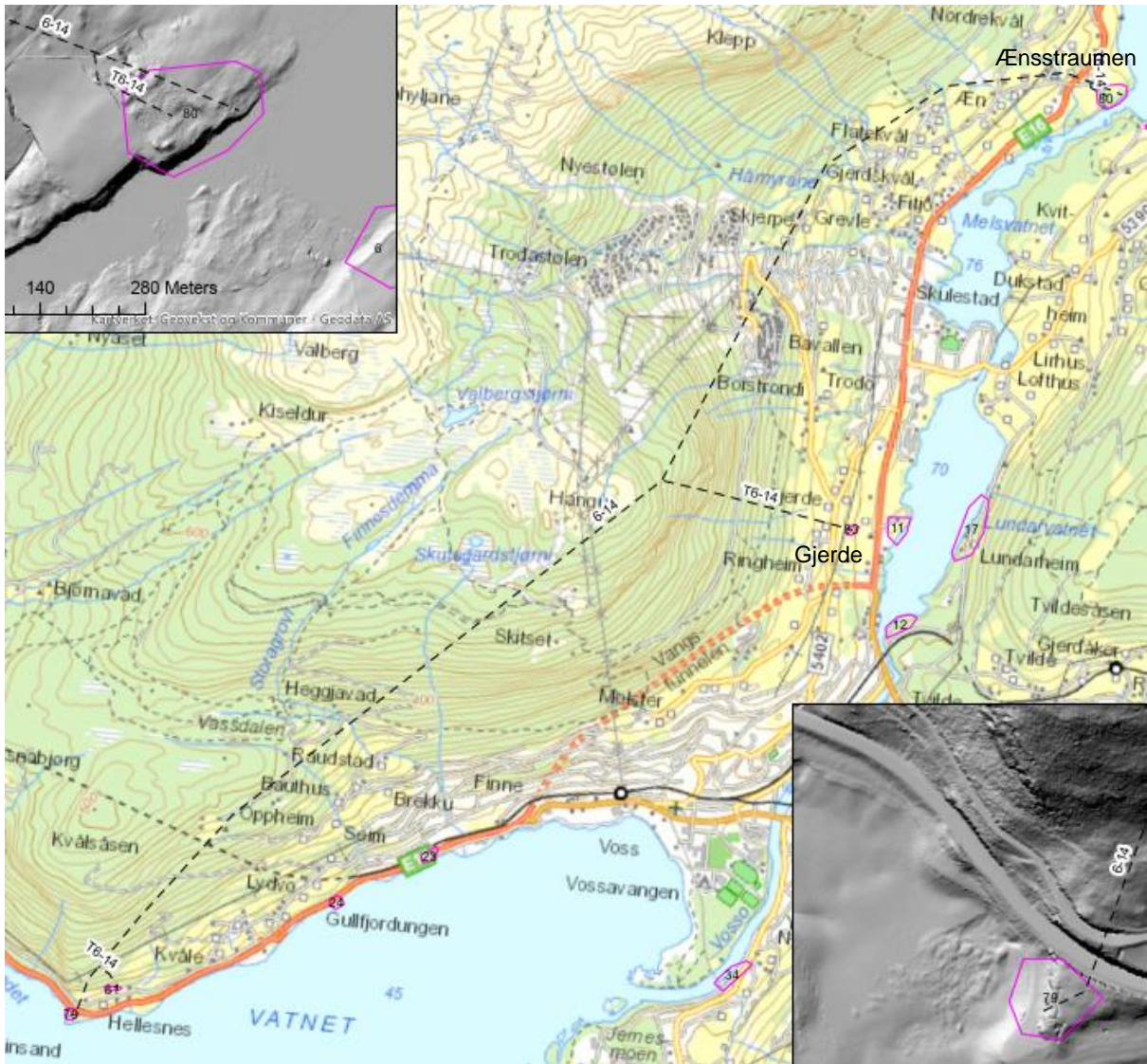
Figur 4-5 Atkomstvei, riggområde og påhugg Sætre.

Gjernesvegen går stedvis gjennom relativt tett bebygde områder, med hus tett på vegen og mange avkjørsler rett ut i fylkesvegen. Fortau mangler langs deler av vegen. Tiltak for å minimere risiko for ulykker må vurderes i anleggsperioden. For anleggsperioden må det etableres ny avkjørsel til fylkesveg og ny adkomstveg over bratt skrånende jorde. Skissert ny adkomstveg har 11 % stigning. Med foreslått anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstille krav til landbruksvei klasse 5. Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget.

4.2.2 Ænsstraumen – Hellesnes, tunnel 6-14

Hensikten med tunnelen Ænsstraumen-Hellesnes er å lede vann utenom Voss sentrum og unngå oversvømmelse av områdene rundt Lønnavatn, Melsvatn, Lundarvatnet og erosjonsskader langs Strandaelvi. Inntaket er planlagt utført med tre obermeyer-luker på 13 meter hver, til sammen 39 meter. Lukehøyden er forutsatt å være 2 meter noe som gir en tappekapasitet på 250m³/s. Vannet ledes først inn i to tunneler på 50 m² for å unngå for stor høyde og etter ca 50 meter føres de to tunnelene sammen til en på 80 m². Tunnel lengden ned til Hellesnes er på 9100 meter. Tunnelen drives fra tverrslag på Gjerde og Hellesnes; se Figur 4-6 og tegning 56816001-RIB-130-B-00.

Et lite lukehus med plass til kompressor for luft, nødtappingsventiler og eventuelle reservedeler og verktøy plasseres i umiddelbar nærhet. Tette rør for trykkluft støpes inn i fundamentet for lukene og føres opp til lukehuset via pilarene på den ene sida.



Figur 4-6 Tunnel 6-14 fra Ænsstraumen til Hellesnes.



Figur 4-7 Visualisering av inntaket på Ænsstraumen.

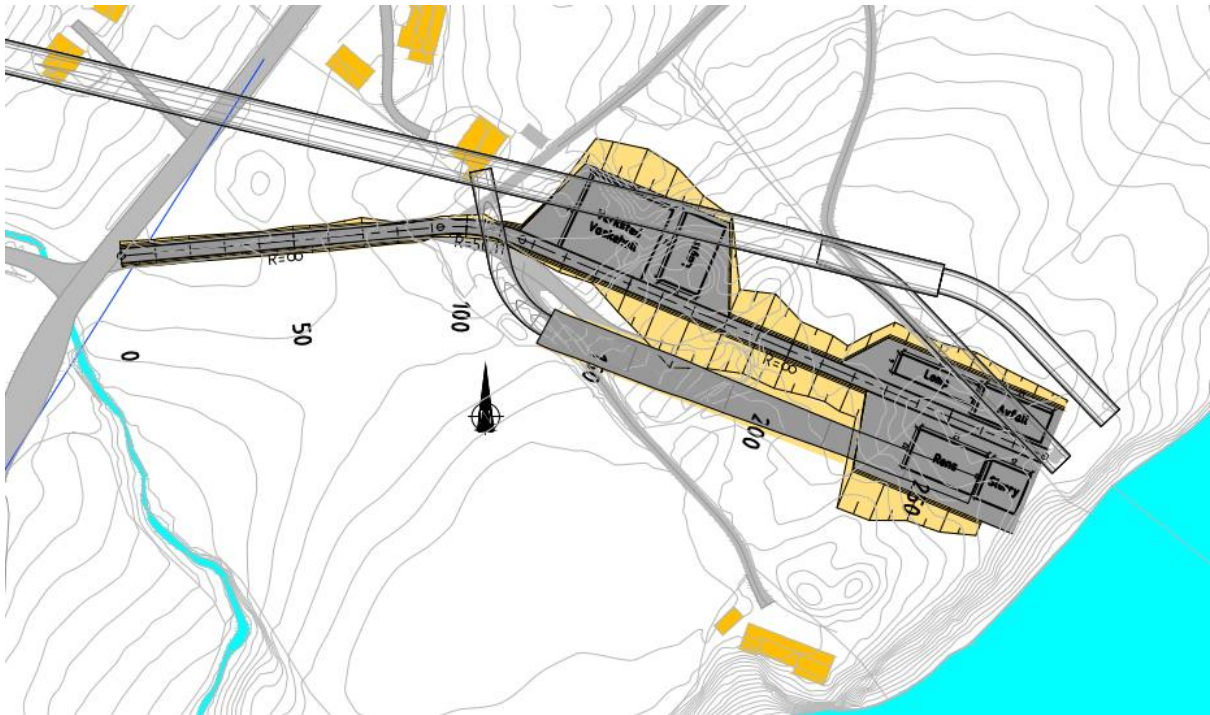
Ved Ænsstraumen må det bygges fangdam med løsmasser eller eventuelt i kombinasjon med spuntvegg for å begrense utfylling i vannet.

Det er mulig at det vil bli dratt inn luft i tunnelsystemet under bruk. Dette er ikke utredet nå og må derfor i senere fase vurderes om det legges inn luftesjakt i høybrekk eller annet tiltak.

Adkomst og rigg

Inntak og tverrslag Ænstraumen

Området har tilkomst via privat veg pv. 99581 med direkte avkjørsel til E16. Med foreslått anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstillere krav til landbruksveiklasse 3. Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget.

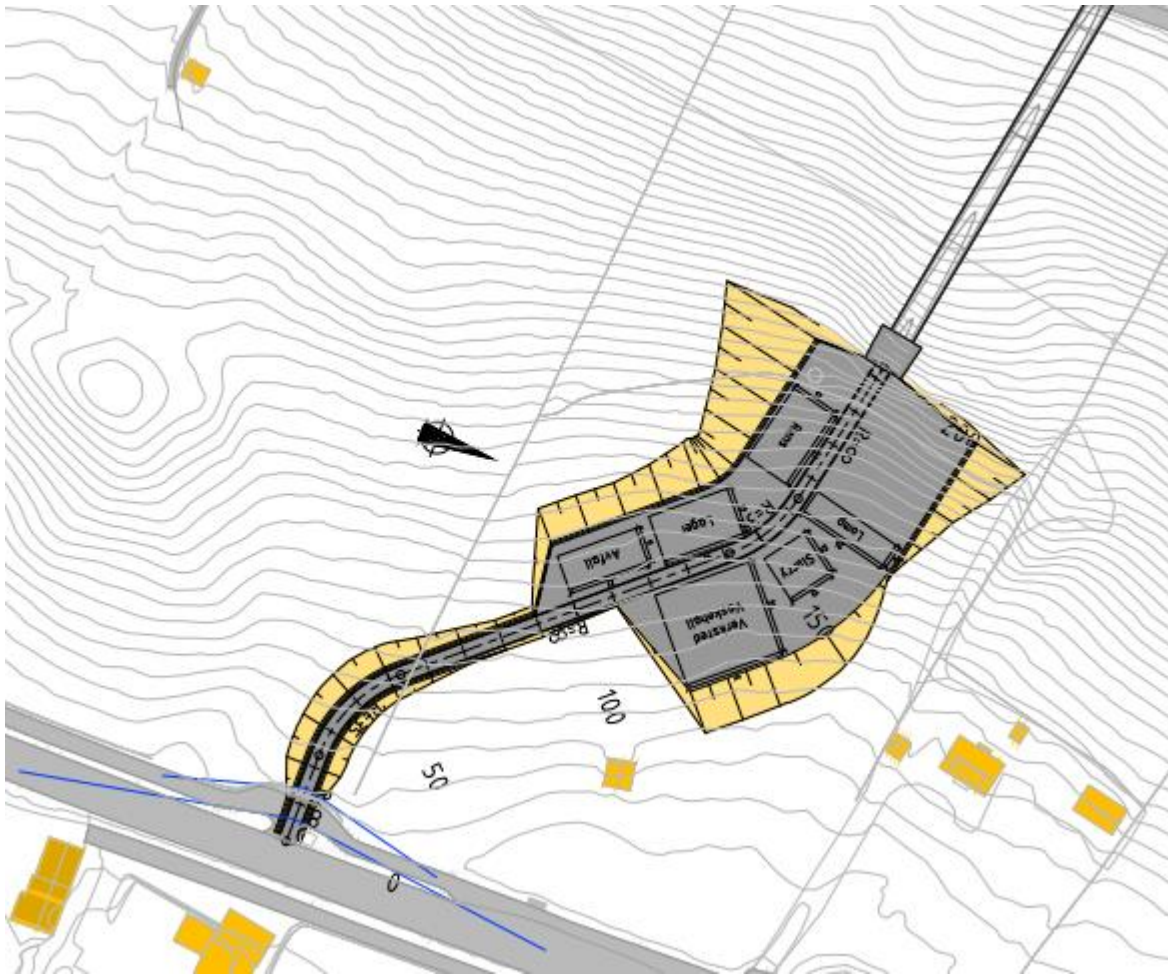


Figur 4-8 Atkomstvei, riggområde og tverrslag Ænsstraumen.

Tverrslag Gjerde

Adkomst kan trolig etableres i etablert avkjørsel mot E16. Gang- og sykkelveg må krysses.

Med foreslått anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstille krav til landbruksveiklasse 4. Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget.



Figur 4-9 Atkomstvei, riggområde og tverrslag Gjerde.

Tverrslag Hellesnes

Området har tilkomst via kv. 1180 Honvesvegen. Veggen har grei standard, og er skiltet som sykkelrute. Veggen har ikke fortau og tiltak for å minimere risiko for ulykker må vurderes i anleggsperioden. Honvesvegen har tilkobling til E16 i øst i planfritt kryss.

Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget. Se Figur 4-10.



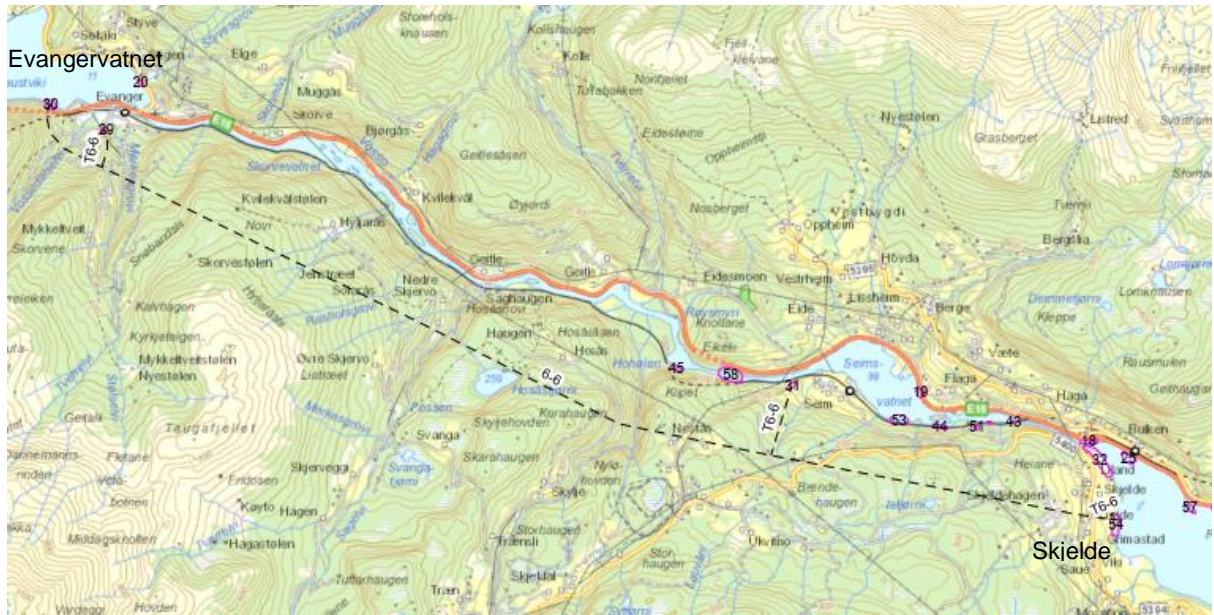
Figur 4-10 Tverrslag og riggområde Hellesnes.

Det vil være behov for et lite mellomlager av masser ved tverrslagene. Massene vil kjøres ut med dumper fra tunnelen og lastes om til lastebil med henger på utsida.

4.2.3 Skjelde – Evanger, tunnel 6-6

Hensikten med tunnelen fra Skjelde (Vangsvatn) til Evanger er både å senke vannstanden i Vangsvatnet for å unngå flomskader i Voss sentrum, men også å redusere vannføringa i elvestrekninga ned til Evanger og unngå flomskader på bebyggelse, vei og jernbane. Inntaket er planlagt med 5 obermeyer-luker med lengde på 14,5 meter hver, til sammen 72,5 m. Lukehøyden er 3,5 meter som gir en total tappekapasitet på 650 m³/s. Det plasseres et lukehus på nordsida av lukene på flomsikker grunn. Dette vil inneholde kompressor for trykkluft til luftpølsene og nødtappingsventiler. Inntaket er visualisert i Figur 4-12 og tegning 56816001-RIB-100-A-00 i vedlegg.

Tunnelen er 10800 meter lang og har et tverrsnitt på 160 m². I starten blir det to tunneler på 95 m² hver. Hensikten med dette er å snevre raskere inn fra overløpet til tunnelbredden slik at en kommer raskere til påhugget og reduserer inngrepet. Tunnelen er planlagt drevet fra tverrslag ved Seimsvatnet og Evanger, se Figur 4-11 .



Figur 4-11 Tunnel 6-6, Skjelde-Evanger.



Figur 4-12 Visualisering av inntak Skjelde. Det er ikke tegnet permanent veg til lukehuset. Det går en traktorveg nedover langs jordet som kan benyttes.

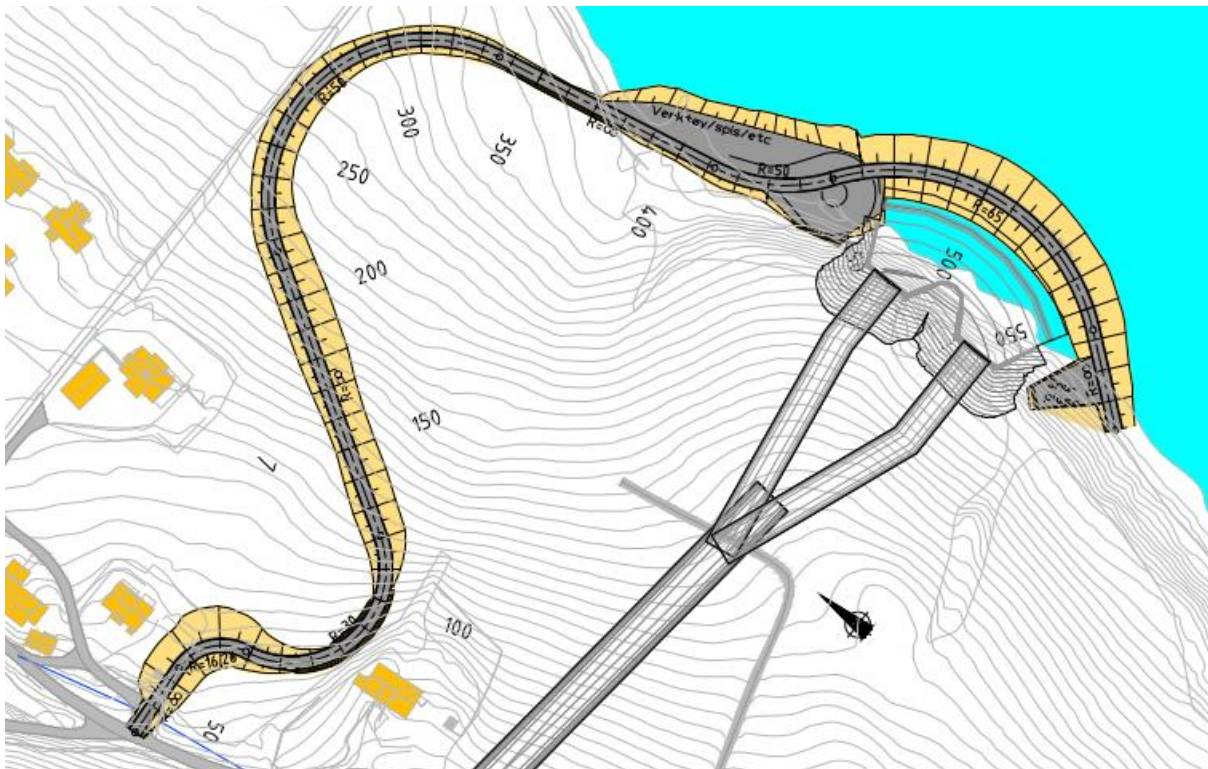
Ved Skjelde er det planlagt en stor fangdam. Den blir i utgangspunktet 8 meter høy og 30 meter bred i bunnen. Kronebredden blir 5 meter og kan benyttes som anleggsvei langs

inntaket. Alternativt kan det settes spuntvegg og fylles løsmasser på innsida med veg som en del av fyllinga. Fangdammen fjernes etter endt bygging.

Det er mulig at det vil bli dratt inn luft i tunnelsystemet under bruk. Dette er ikke utredet nå og må derfor i senere fase vurderes om det legges inn luftesjakt i høybrekk eller annet tiltak.

Adkomst og rigg

Området ved inntak Skjelde har tilkomst via Fv. 5394 Vikjavegen, Fv. 5400 Rekvesvegen og E16. Fylkesvegene er smal og stedvis i relativt dårlig stand. Det er ikke antatt massetransport fra dette området. For anleggsperioden må det etableres ny avkjørsel til fylkesveg og ny tilkomstveg over bratt skrående jorde. Skissert ny adkomstveg har 12,5 %. Se Figur 4-13.



Figur 4-13 Anleggsområde Skjelde, midlertidig anleggsvei, riggområde og fangdam.

Området ved tverrslag Seim har tilkomst via pv 1336, Seimsvegen, kv 1336 Seimsvegen, fv 5400 Dalaveien og E16. Vegene vil bli sterkt belastet med massetransport i anleggsperioden. Tilkomsten er skissert gjennom bebyggelsen i Seimsgrend, der bebyggelsen ligger svært tett på vegen. Transport av masser vil få en stor påvirkning på omgivelsene.

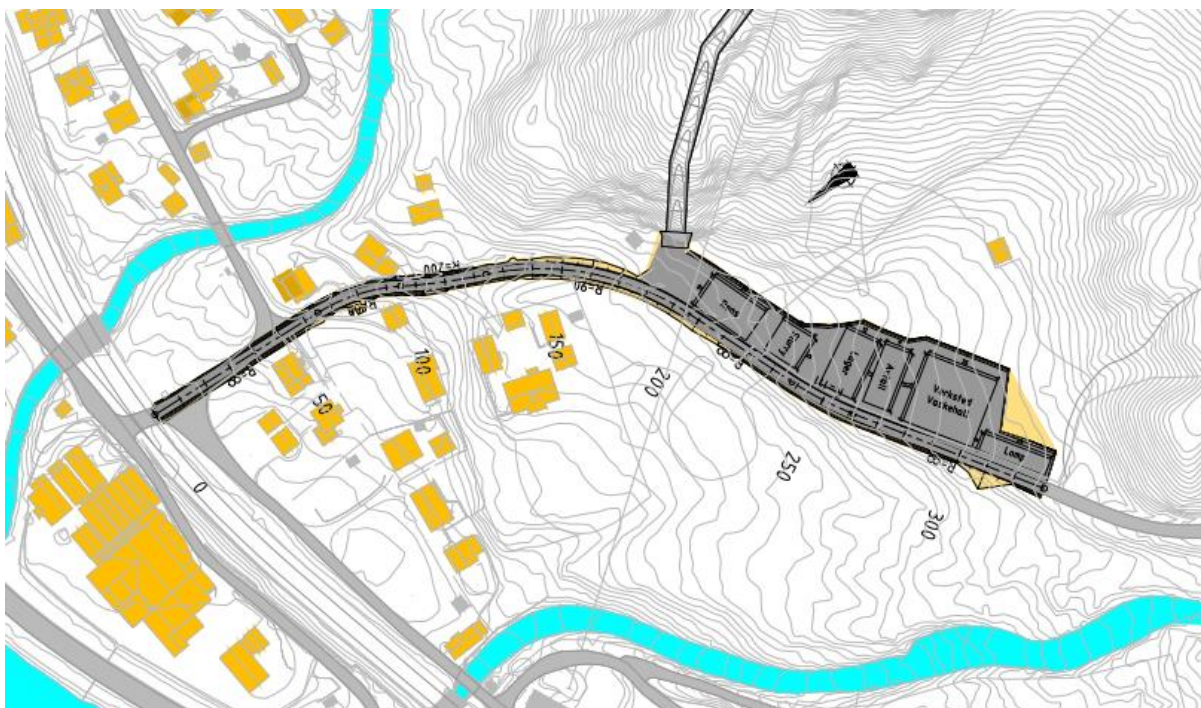


Figur 4-14 Anleggsvei, midlertidig riggområde og tverrslag Seim.

Videre er vegene relativt smale frem til E16. Det er minimum tre konstruksjoner langs kommunal- og fylkesveg som må tilstandsvurderes, en av disse er Liland bru (73 m). Det må også antas utbedringer av vegen etter og eventuelt under anleggsperioden. Med foreslått anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstillere krav til landbruksveiklasse 3.

Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget.

Området ved tverrslag Evanger har tilkomst via kommunal veg, kv. 1233 Velesvegen, krysser jernbanen, kv. 1232 Hernesvegen og E16. Tverrslag i Evanger krever kryssing av jernbane i plan. Kryssingen er signalregulert med bom. Det er problematisk med massetransport over jernbanen, og det er ikke gitt at jernbanemyndigheten kan tillate dette. Eventuelt må andre måter å krysse jernbanen vurderes. Tverrslaget har kort veg til E16, via kommunal veg. Med skissert anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstillere krav til landbruksveiklasse 3. Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget. Se Figur 4-15. Det vil også være behov for et mellomlager til stein på utsida for omlasting fra dumper til lastebil om steinen skal kjøres videre til Evanger eller Bømoen.



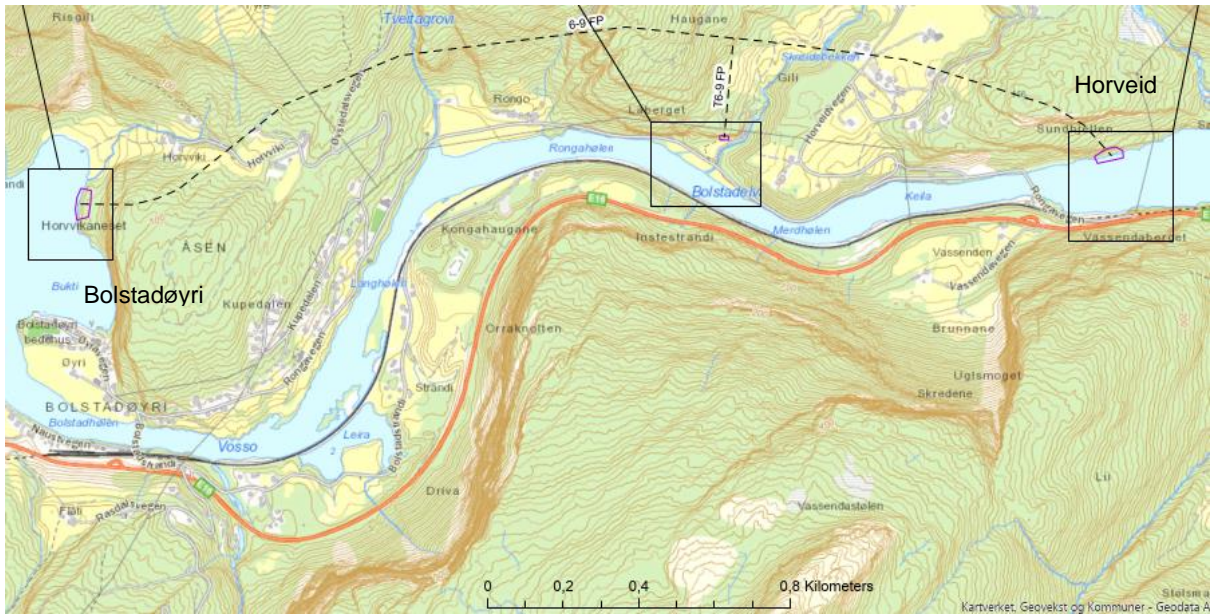
Figur 4-15 Atkomstveg, midlertidig riggområde og tverrslag Evanger.

Det vil være behov for et lite mellomlager av masser ved tverrslagene. Massene vil kjøres ut med dumper fra tunnel og lastes om til lastebil med henger på utsida. Ved Evanger kan mellomlageret med fordel plasseres på innsida av jernbanen slik at man slipper å vente på grønt lys for kryssing når man skal laste ut av tunnelen som vil være tidskritisk.

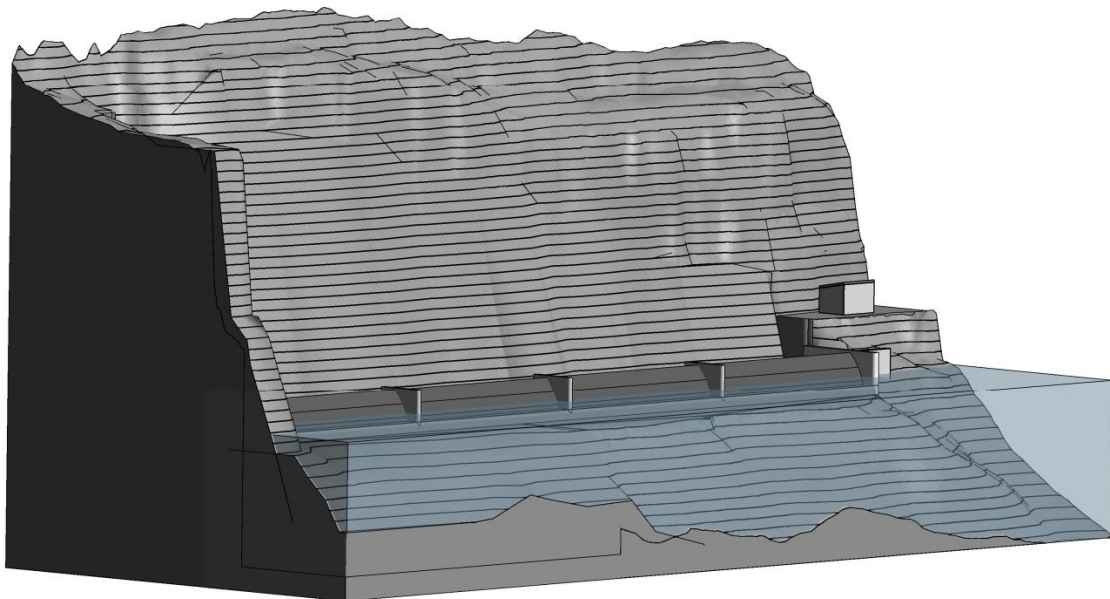
4.2.4 Horveid – Bolstadøyri, tunnel 6-9

Hensikten med tunnelen fra Horveid til Bolstadøyri er å redusere vannstanden i Evangervatn ved flom og å redusere vannføringa i Bolstadelva. Inntaket vil bestå av 4 obermeyer-luker på 21 meter til sammen 84 meter. Med en høydeforskjell mellom luketerskel og luketopp på 3 meter vil tappekapasiteten være 650 m³/s. Det skal gå trykkkluftrør fra de enkelte luftpølsene bak lukeskjoldene til et lukehus med kompressor og sikkerhetsventiler. Dette plasseres på østsida av lukene, se Figur 4-17. Det er forutsatt at atkomstveien som bygges for å bygge inntaket justeres slik at den slutter ved lukehuset som legges flomsikkert nivå på kote 16 for å komme til nødventilene til trykklufta i nødstilfeller. Se Figur 4-18.

I starten vil det være 4 tunneler med 80 m². Etter ca. 50 meter vil de gå over til to tunneler på 135 m² hver. Alternativt lages det en som er enda større, men dette overlates til entreprenøren. Ved utløpet planlegges en kort kanal som sprenges forsiktig fra tunnelsida. Det settes igjen en kort fjellterskel mot Bolstadjorden som sprenges til slutt ut i fjorden med siltgardin for å samle opp steinstøvet. Traseen er vist i Figur 4-16. Tunnelen kommer ut på nordsida av Horvikaneset. Her er terrenget slakere og bedre egnet for kanal og dessuten blir utløpet bedre skjult på den andre sida av neset.



Figur 4-16 Tunnel 6-9 Horveid- Bolstadøyri.



Figur 4-17 Inntak Horveid.

Byggingen av inntaket planlegges gjennomført slik:

- Atkomstvei etableres
- Skogen hogges i området der inntaket skal etableres
- Blokk og stein graves av og fraktes vekk
- Betongterskel med vangemurer etableres ut mot Evangervatn.
- Mobile bjelkestengsler monteres for å lage fangdam
- Tunnelen sprenges ferdig mot inntaket
- Området for inntakskonstruksjonen fram mot gjenstående fjellterskel med bjelkestengsler sprenges
- Inntaksterskel med pilarer bygges

- Obermeyer-luker monteres
- Mobile bjelkestengsler demonteres og betongterskel rives
- Fjellterskel mot Evangervatn sprenges ut i vannet

Siltgardin benyttes for å beskytte fisk og annet liv i vassdraget.



Figur 4-18 Atkomstvei til inntak Horveid. Benyttes til bygging i anleggstida og deretter til atkomst til lukehus.

Adkomst og rigg

Området ved tverrslag Horveid har tilkomst både fra øst og vest. Tilkomst fra E16 i vest krysser jernbanen i plan (med lysregulering og bom) og en smal bru, og vurderes som lite aktuell. Tilkomst fra E16 i øst har en enkel avkjørsel til kommunal veg kv. 1224 Rongavegen med flere konstruksjoner og bru. Konstruksjoner må vurderes med hensyn på belastning av massetransport. Økt trafikk fra lokalvei til E16 kan gi behov for tiltak i avkjørsel. Med foreslått anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstillere krav til landbruksveiklasse 3. Rigg er foreslått plassert ved tverrslaget, se Figur 4-19.



Figur 4-19 Riggområde og tverrslag Horveid.

Det vil være behov for et lite mellomlager av masser ved tverrslaget. Massene vil kjøres ut med dumper fra tunnelen og lastes om til lastebil på utsida.

Det er mulig at det vil bli dratt inn luft i tunnelsystemet under bruk. Dette er ikke utredet nå og må derfor i senere fase vurderes om det legges inn luftesjakt i høybrekk eller annet tiltak.

4.2.5 Kostnader for alternativet vann i vassdraget

Det er gjort kostnadsberegninger for tunnel, inntak, adkomstveger og lokale flomsikringstiltak på Evanger. De største kostnadskomponentene er de 4 tunnelene i prosjektet. Øvrige kostnadskomponenter er inntakene med luker og adkomstveier. Tabell 4-2 vises estimerte kostnader for de ulike elementene som inngår i alternativet, avrundet til nærmeste hele million kroner. Mer detaljerte beregninger er vist i vedlegg 4.

Beskrivelse	Delsum kap.
Flomtunnel 6-14, Ænsstraumen - Hellesnes	674 000 000
Flomtunnel 6-3, Palmafossen - Sætre	482 000 000
Flomtunnel 6-6, Skjelde - Evanger	1 495 000 000
Flomtunnel 6-9, Horveid - Bolstadøyri	734 000 000
Inntak Ænsstraumen	26 000 000
Inntak Palmafossen	47 000 000
Inntak Skjelde	71 000 000
Inntak Horveid	76 000 000
Adkomstveger	5 460 000
Lokale sikringstiltak Evanger	100 656 000
Overvannshåndtering Evanger	12 000 000
Uspesifiserte kostnader	68 000 000
Entreprisekostnad	3 792 000 000
Prosjektering, prosjektadministrasjon, byggherrekostnader	114 000 000
forventede tillegg P50	391 000 000
Prosjektkostnad P50	4 297 000 000

Tabell 4-2 Kostnader for flomsikring Vossovassdraget Alternativ 7 - vann i vassdraget.

Den estimerte prosjektkostnaden er det som forventes og den inneholder ikke reserver utover det som forventes i vanlige prosjektgjennomføringer.

4.3 Vurdering av konsekvenser

4.3.1 Hydrologi og hydraulikk

Fordelen med alternativet vann i vassdraget er at mange tunneler langs vassdraget gir muligheten for å sikre mot lokale flomhendelser. I Tabell 4-3 og Tabell 4-4 er forventet antall skader før og etter bygging og forventet bruksmønster for lukene vist.

Tunnelene fra Lønnavatn og Palmafossen til Vangsvatnet sikrer Voss sentrum mot erosjonsskader. Disse tunnelene klarer å håndtere flom i både Strandaelvi og Raundalselvi. Voss sentrum blir mindre utsatt for store lokale flommer som forekommer nedstrøms inntakene.

Tunnelen fra Vangsvatnet (Skjelde) til Evangervatn gir mulighet til å tappe Vangsvatnet tidlig i en flomhendelse for å unngå flomstiging i. Tunnelen kan brukes ved en stor lokal flom på Voss / Vangsvatnet. Effekten av tidlig forhåndstapping er imidlertid begrenset, og det er normalt ikke nødvendig å tappe vann før vannstanden i Vangsvatnet når kote 48. Tunnelen mellom Vangsvatnet og Evanger vil i praksis flomsikre strekningen mellom Vangsvatnet og Evangervatn. Unntaket er lokale flomhendelser i sidevassdrag på strekningen.

Tunnelen fra Evangervatn til Bolstadjorden har som hovedfunksjon å lede bort vann som kommer fra tunnelen fra Vangsvatn. Tunnelen gir også mulighet til å tappe Evangervatn ved lokale flomhendelser.

Alternativ med vann i vassdraget forverrer flomsituasjonen ved Straume fordi den flomdempende virkninga i Vangsvatnet reduseres når vannstanden i vannet begrenses til kote 49,9.

Sted	Antall skadeflommer		Antall skadeflommer etter tiltak	
	Dagens klima	Fremtidig klima	Dagens klima	Fremtidig klima
Vosso gjennom Voss sentrum	1	4	0	0
Vangsvatnet	1-2	10	0	0
Vangsvatnet – Evangervatnet	1-2	10	0	0
Evanger	6	Ca. 30	0	5
Evangervatnet – Bolstadfjorden	Usikre data, færre enn Evangervatn	Usikre data, færre enn Evangervatn	Usikre data, færre enn Evangervatn	Usikre data, færre enn Evangervatn
Bolstadfjorden - Straume	Usikre data, 1-4	Usikre data, 11-21	Usikre data, 4-10	Usikre data, 19-34

Tabell 4-3 Skadeflommer over en periode på 25 år i dagens og fremtidig klima¹. For definisjon av begreper se kapittel 1.4.

Tunnel	Forventet antall hendelser hvor lukene åpnes per 25 år		Hendelser som vil føre til at vann renner inn i tunnelen som følge av overtopping av luke i stengt posisjon	
	Dagens klima	Fremtidig klima	Dagens klima	Fremtidig klima
Ænsstraumen – Hellesnes	1	4	Antas tilsvarende Palmafossen-Sætre	Antas tilsvarende Palmafossen-Sætre
Palmafossen – Sætre	1	4	5	22
Skjelde – Evanger	6	26	21	87
Horveid - Bolstadøyri	Minimum 7	Minimum 43	23	110

Tabell 4-4 Bruksmønster for tunneler over en periode på 25 år i dagens og fremtidig klima².

Om dette alternativet var bygd før flommen i 2014, kunne maksimale vannføringer og vannstander i vassdraget ha blitt redusert, se Tabell 4-5. Simuleringen er kjørt ved at tunnelene inn og ut av Vangsvatn åpner og stenger når vannstand i Vangsvatn når kote

¹ 25 siste år + 40% økt vannføring

² 25 siste år + 40% økt vannføring

48,0. Tunnelen ut av Evangervatn åpner og stenger når vannstand i Evangervatn når kote 11,0. Tunnelene er beregnet til å være fullt funksjonelle når lukene åpnes. Full kapasitet er i tillegg avhengig av høy nok vannstand ved inntaket.

Scenario	Maks. vannføring gjennom Voss sentrum	Maks. vannstand for Vangsvatn	Maks. vannstand for Evangervatn
	[m ³ /s]	[moh]	[moh]
Observerte verdier (dagens situasjon)	1040	51,3	12,8
Verdier om alternativ sju blir realisert	550	48,3	11,8

Tabell 4-5. Effekt av alternativ 7 på flommen i 2014.

4.3.2 Hydrogeologi

Samtlige tunnelalternativer passerer under bebyggelse i tillegg til å gå gjennom mer uberørt terreng. Løsmassedekket under bebyggelsen kan ha stor mektighet og grunnvannssenkning kan medføre setninger.

Tunnelalternativ 6-3 (Palmafoss-Sætre) kommer i nærheten av flere borebrønner innenfor 300 m av tunnelen. Flere av brønnene er oppgitt å ha god vanngiverevne (> 1000 l/time) hvilket tyder på åpne, vannførende sprekker. Brønner nær tunnelalternativene 6-6 (Skjelde-Evanger) og 6-14 (Ænsstraumen-Hellesnes) har generelt dårligere kapasitet. Ingen brønner er registrert i nærheten av alternativ 6-9 (Horveid-Bolstadøyri). Det er nødvendig å ta en gjennomgang av energibrønner og vannforsyningen i området i forkant av tunneldriving, for å fange opp brønner som ikke er registrert eller er registrert på feil plass.

Samtlige tunnelalternativ krysser flere svakhetssoner/sprekkesoner som kan være vannførende.

Det vil være behov for vurdering av innlekkasjekrav. Dette gjelder spesielt der tunnelene krysser under bekker/elver og bebyggelse kombinert med svakhetssoner og tykt løsmassedekke. Setningsproblematikk kan være aktuelt for samtlige alternativer.

Det henvises til den hydrogeologiske rapporten [30] for nærmere detaljer.

4.3.3 Naturmiljø

Palmafossen - Sætre

Inntaksområdet samt tverrslaget ved Palmafoss består av opparbeidet mark, industri og boliger, og det er ikke registrert viktige naturverdier på land i dette området. Potensial for viktige naturverdier regnes som lite både for inntak og tverrslag. Elva er lakseførende på dette stedet på grunn av laksetrapp i Palmafossen. Det pågår oppgradering av kraftverket i Palmafossen hvor det er stort fokus på opp- og nedvandring av laks. Flominntaket vil kun bli brukt ved høye vannføringer, men kan potensielt føre fisk ned til Vangsvatnet. Dette er vurdert som uproblematisk da det er i samme vassdrag, og tunnelen vil trolig være en tryggere vei ned elva enn fossen med risiko for å gå gjennom kraftverket eller over dammen.

Inntaket ved Palmafoss vil være et inngrep i et verna vassdrag, og må derfor vurderes opp mot verneverdiene. Som nevnt er inntaksområdet plassert på et sted som er bygd ut tidligere, og vil sammenlignet med inntaket i Urland (alternativ 2) være et betydelig mindre inngrep i verneverdiene.

For utløpet og tverrslaget ved Sætre er det en sone med skog ned mot vannet der utløpet er planlagt. Det er ikke registrert viktige naturverdier i dette området. Det vil trolig bli behov for et inngrep for å sikre adkomst, men selve utløpet vil være dykket og lite synlig. Det er ikke registrert spesielle akvatisk verdier i dette området, og et utløp her forventes ikke å gi negativ konsekvens for akvatisk miljø.

Naturrestatet Rekvesøyana naturrestat består av et elvedelta på nordsiden av Vangsvatnet, og er et viktig område for fugl, spesielt vadere og spurvefugler (Naturbase). Det er lite trolig at området vil påvirkes av tiltak i Vangsvatnet, da dette deltaet først og fremst dannes av elva Dyrvo. Det må likevel utredes om endret dynamikk i vannstand i Vangsvatnet, kan ha negativ påvirkning på naturrestatet.

Ænsstraumen - Hellesnes

Inntaket i Lønnavatnet ved Ænsstraumen og tverrslaget ved Ænsmoen har ingen kjente naturverdier og potensialet for viktige naturverdier regnes som lite. Inntaket er ovenfor anadrom strekning og vil trolig ikke ha vesentlig negativ konsekvens for akvatisk miljø. Det er noen viktige naturtyper i vassdraget som kan bli påvirket av endret vannføring, blant annet noen mudderbanker i Lundarvatnet. Slike mulige påvirkninger må utredes i senere faser, men det er lite trolig at disse vil påvirkes vesentlig av tiltaket. Lønøyene naturrestat ligger nord for inntaksområdet. Dette er et innlandsdelta av stor verdi, som i hovedsak påvirkes av vannføringen inn i Lønnavatnet. Det må likevel utredes om endret vannstand i Lønnavatnet i flomsituasjoner, kan ha negativ påvirkning på verneverdien i naturrestatet.

Tverrslaget ved Gjerde er planlagt i et område med hovedsakelig dyrka mark, og påvirker ingen kjente naturverdier.

Utløpet i Vangsvatnet ved Hellesnes forutsettes dykket og berører ingen kjente naturverdier. Potensialet for viktige naturverdier regnes også som lavt. Tverrslaget rett øst for utløpet er planlagt på dyrka mark, og påvirker ingen kjente naturverdier.

Skjelde – Evanger

For inntaket ved Skjelde er det en sone med skog ned mot vannet der inntaket er tenkt. Det er ikke registrert viktige naturverdier i dette området. Det vil bli behov for inngrep for å sikre adkomst, samt at et større område i strandsonen vil bli beslaglagt som inntaksområde. Potensialet for verdifulle naturverdier regnes som lite, men må utredes i senere fase. Det er ikke registrert spesielle akvatisk verdier i dette området, og et inntak her forventes ikke å gi noen vesentlig negativ konsekvens for akvatisk miljø. Det er ca. 700 m fra Skjelde til gyteområdet ved Lilandsosen.

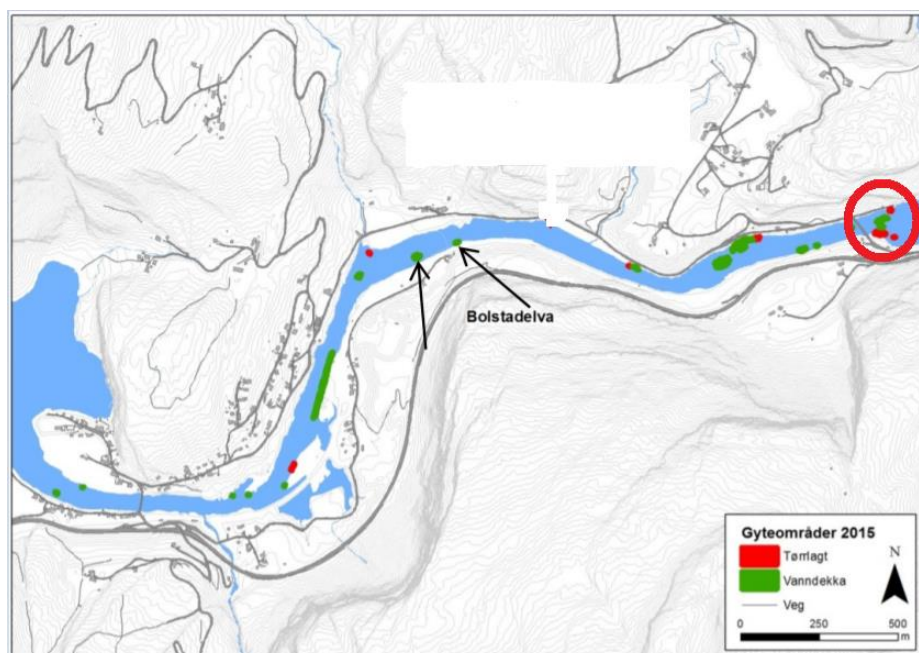
Tverrslaget ved Seim vil komme ut i skrenten mot nordvest, like vest for Seimsvatnet. Dette er tett på en svært viktig del av Vossovassdraget med tanke på laks. Strekningen fra Seimsvatnet og nedstrøms ble trukket fram som viktige områder for laksen i miljømøtet på Voss 25. mars 2019. Det vil derfor være svært viktig med gode avbøtende tiltak for å hindre avrenning mot vassdraget.

Utløpet i Evangervatnet forutsettes dykket og berører ingen kjente naturverdier. Tverrslaget ved Evanger kommer i randen av bebyggelsen og i overgangen til skogen. Det er ingen

kjente registrerte naturverdier i dette området. Det kommer ned to mindre vassdrag fra sør i området som må hensyntas.

Horveid – Bolstadøyri

Selve inntaksområdet ved Horveid berører ingen kjente naturverdier. Inntaksområdet ligger inne i vannet, men kun 150-200 m fra viktige gyteområder i utløpet av Evangervatnet (figur 4-20). Dette er det viktig å ta hensyn til i forbindelse med anleggsarbeidene gjennom avbøtende tiltak. Tilførsel av finstoff til gyteområdene kan potensielt skade disse, og det må unngås for eksempel med bruk av siltgardin. Når flomtunnelene er satt i drift vurderes det til at dette ikke vil påvirke gyteområdene negativt. Flomlukene vil kun åpne ved høy vannstand og ikke ha risiko for å tørrelegge gytegroper. Med tanke på utvasking av gytegrus vil det heller være positivt at de største flomtoppene blir ført forbi gyteområdene.



Figur 4-20 Registrerte gyteområder i Bolstadelvi 2015 (Barlaup 2018). Gyteområder i utløpet av Evangervatnet vist med rød sirkel.

Det er planlagt tverrslag ved Laberget/Gili. Riggområdet for tverrslaget vil ligge tett ved en sidebekk som heter Skreidsbekken, samt med potensiell avrenning til Bolstadelvi. Selve området på land har ingen kjente naturverdier og består av dyrka mark/beitemark. Bolstadelvi er den delen av Vossovassdraget med størst verdi med tanke på fiskeutøvelse og innehar en rekke gyteområder (figur 4-20). Avrenning og annet utslipp fra dette området må unngås.

Utløpet i Bolstadfjorden forutsettes dykket og berører ingen kjente naturverdier.

4.3.4 Landskap

Palmafossen - Sætre

Tiltaket består ved Palmafossen av tre nedsenkede tunneler. Inngrepet vil være omkring 85m langt og medføre at to boliger må rives. Inntaket vil være nedsenket i forhold til vannspeilet,

og bli bygget inn i en konstruksjon med et lokk over for å dempe synligheten. Adkomst og riggplass blir i driftsfasen plassert like ved.

Palmafossen ligger ved Brynamoen i dalbunnen av det store landskapsrommet ved Bømoen. Brynamoen fremstår som et utflytende nærings- og industriområde, med boliger spredt innimellom og langs utkanten. Høyere opp i åssiden fortsetter det tradisjonelle jordbrukslandskapet. Der Raundalselven faller ned i Palmafossen ligger det et kraftverk, og flomtunnelen vil plasseres like ved dette. Motsatt elvebredd fremstår som mer eller mindre uberørt og uten nye inngrep.

Inntaket vil utformes som en stor betongkonstruksjon i overgangen mellom elven og terrenget nedenfor riksveien. Den vil få en visuell tilhørighet til næringsområdet, og utvide dette, samtidig som boligområdet langs bredden av elven reduseres.

Tverrslag Palmafossen– kommer ut ved næringsområdet i skråningen ovenfor inntaket. Det vil blant annet komme en tunnelåpning på omkring 35m², riggplass og spyleplass. Ettersom terrenget er relativt slakt vil skjæringen for tunnelen medføre et omfattende og langt terrenginngrep ettersom man er avhengig av å gå langt bakover for å oppnå nok fjelloverdekning.

Tverrslaget vil komme i overgangen mellom næringsområdet og jordbrukslandskapet. Det vil redusere utstrekningen av jordbrukslandskapet, og øke utstrekningen av det utflytende næringsområdet. Økningen vurderes som relativt liten i forhold til den totale størrelsen på næringsområdet. Brynali 151 vil bli direkte og tydelig merkbart berørt.

Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Tverrslag og utløp Sætre - Utløpet ved Sætre er dykket og vil ikke ha visuell påvirkning på landskapet. For anleggsfasen vil det også være et tverrslag ved Sætre, noe opp i skråningen over bredden. Dette vil medføre en ny anleggsvei fra Vikjavegen og ned til Vangsvatnet. Veien vil slynge seg over store deler av skråningen mellom Vikjavegen og Vangsvatnet, og ligge i vannkanten i ca 100 m lengde. Her vil det komme riggplass med spyleplass, lager, verksted osv som skjæres inn i skråningen. I driftsfasen vil anlegget bli fjernet, men det forventes at terrenginngrepet for det meste vil bli liggende, og tverrslaget som en lukket tunnelåpning. Anleggsveien og riggplassen utgjør et stort inngrep i skråningen ved Sætre. Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Området ved Sætre er lite tilgjengelig i bunnen av et privat jorde som faller bratt ned fra Vikjavegen. Det er ikke synlig fra sørsiden av Vangsvatnet, og det er omkring 1km over til nordsiden av Vangsvatnet der eiendommene har utsyn mot sørsiden. Utsynet mot sørsiden av Vangsvatnet er stort og vidt, og det forventes at anleggsområdet ved Sætre vil bli godt synlig men utgjøre en begrenset andel av dette bildet.

Ænsstraumen - Hellesnes

Inntak Ænsstraumen - inntaket er planlagt i skrenten vest i Ænsstraumen og er forventet å bli omkring 40 m langt. Det er planlagt to tunneler, hver på omkring 50 m² med langsgående Obermeyerluker. Et lite lukehus vil bli plassert i nærheten.

Inntaket er planlagt der Nesheimsvatnet smalner kraftig inn og går over i Ænsstraumen. Straumen er smal, med en relativt lav bredd på østsiden mens bredden på vestsiden går over i en mer eller mindre vertikal skrent. Det er skog på begge sider. Landskapet har et naturlig preg, til tross for at det bakom begge breddene ligger kulturlandskap i form av åpne jorder. Ved østbredden holder speideren til, med klubbhus, kanoer og gode friområder for speideraktiviteter. Landskapskvaliteten og -opplevelsen vil bli betydelig redusert her.

Tverrslag Ænsmoen - Det vil også komme et tverrslag og riggplass på Ænsmoen. Det vil blant annet komme en tunnelåpning på omkring 35 m², riggplass, spyleplass. Det forventes at det må graves ut masser i skråningen for å komme frem til fjell med tilstrekkelig overdekning for tiltaket. Ettersom Ænsmoen er relativt flat og man skal lage et tunnelpåhugg her, vil inngrepet som er nødvendig for tverrslag og riggplass bli omfattende. Det vil også være temmelig synlig fra omgivelsene, ettersom det ligger i dalbunnen. En lukket tunnelportal og anleggsvei forventes å forbli permanent.

Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Tverrslag Gjerde – Det vil blant annet komme en tunnelåpning på omkring 35m², riggplass, spyleplass. Det forventes at det må graves ut masser i skråningen for å komme frem til fjell med tilstrekkelig overdekning for tiltaket.

På grunn av det slake terrenget vil inngrepet som er nødvendig for tverrslag og riggplass bli omfattende, jamfør tunnelen ved E16 like ved. Det er forventet at det i driftsfasen vil fremstå som en vei inn til en lukket tunnelåpning, noe som vil gjøre terrenginngrepet permanent. Dette inngrepet vil være med å fragmentere kulturlandskapet ved Gjerde og i skråningen videre nordover. Det er derfor ønskelig at tverrslaget kommer så nærme tunnelen for E16 som mulig for å konsentrere inngrepene og bevare mest mulig helhet i kulturlandskapet.

Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Tverrslag Hellesnes – Tverrslaget vil komme ut ved tunet på Hellesnes over E16. Det vil blant annet komme en tunnelåpning på omkring 36 m², riggplass og spyleplass.

Tunet ved Hellesnes er et lite landskapsrom, oppe i siden over Vangsvatnet, med utsyn over til andre siden av vannet. Tverrslag og riggplass her vil fullstendig dominere tunet, men være lite synlig fra andre steder.

Utslipp Hellesnes – Dykket utløp, ikke synlig over vannflaten

Skjelde – Evanger

Inntak ved Skjelde - Inntaket er planlagt i en østvendt skrent som faller ned mot Vangsvatnet. Det vil utformes som to nedsenkede tunneler på omkring 95m² hver bak en Obermeyer luke som vil bli omkring 74 m lang. Det vil være nødvendig med anleggsvei fra Vikjavegen og ned til strandlinjen, hvor det vil komme en riggplass med areal for nødvendig utstyr i forbindelse med anleggsgjennomføringen.

Landskapet ved Skjelde er et helhetlig jordbrukslandskap der det skrånner mot Vangsvatnet i øst, med store jorder nedenfor Vikjavegen, relativt store gårdstun langsmed Vikjavegen, og noe mer variert og til dels skogkleddt landskap ovenfor Vikjavegen der det stiger opp mot åsene bakenfor. Overgangen mot vannet er en nærmest flat grusstrand som gradvis går over i en smal randsone med løvskog, som dekker skrentene nederst ved jordene.

Inntaket vil danne et brudd i strandlinjen og landskapet. Obermeyer-lukene har fått en buet form for å danne en mykere overgang mot sideterrenget. Overgangen i skrenten mellom spreningsflaten og naturlig terreng vil formsprenges i den grad det er mulig. Sideterrenget vil renskes for eksisterende vegetasjon i en bredde inn fra kanten som tilsvarer høyden på vegetasjonen. Der det er nødvendig og passer inn vil det bygges natursteinsmur for å holde på løsmasser.

Inntaket vil være lite synlig fra Skjelde, men synlig fra nordsiden av Vangsvatnet, særlig fra Sandneset ca 500 m mot øst, samt jernbanen og E16.

Tverrslag Seim – Tverrslaget ved Seim vil komme ut i skrenten mot nordvest, like vest for Seimsvatnet. Tverrslaget vil komme ut i en tunnel på omkring 36m², her vil være riggplass, spyleplass, anleggsvei etc.

Området er lite synlig fra E16, jernbanen samt omliggende boliger. Det vil redusere utstrekningen og opplevelsen av skogslanskapet, men i driftsfasen vil det bli liggende som et relativt lite inngrep med en lukket tunnelåpning og en anleggsvei.

Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Tverrslag Evanger – er planlagt like bak Væle. Her vil det komme en tunnelåpning på omkring 36 m². Det vil være en ca 100 m lang riggplass med spyleplass, anleggsvei etc som skjæres inn i skrenten. Tverrslaget kommer i randen av bebyggelsen og i overgangen til skogen. Eiendommene vil bli direkte og merkbart påvirket av aktiviteten i anleggsfasen. I driftsfasen vil anlegget ligge igjen med den åpne flaten, en lukket tunnelåpning og en utbedret anleggsvei.

Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Utløp Evanger - Utløpet er planlagt dykket og vil ikke ha visuell påvirkning på landskapet over vannflaten.

Horveid – Bolstadøyri

Inntak Sundhjellen – inntaket vil gå inn i et parti med bratte skrenter som faller i etasjer ned i Evangervatnet mot sør. Inntaket består av fire nedsenkete tunneler på omkring 80 m², med Obermeyerluker som danner et inntak på omkring 84 m lengde. Forskjæringen for lukene vil være mellom 25 og 34m høy, og danne en nisje i fjellet for å sikre tilstrekkelig overdekning av fjell. Adkomst til anlegget blir fra anleggsveien til kraftstasjonen ved Sanden, hvor anleggsveien vil skjære seg tilbake til påhugget gjennom en opptil 30 m høy langsgående skjæring på tvers av landskapsdraget.

Inntaket vil komme omtrent midtveis i fjellet mellom utløpet av vannet og kraftstasjonen ved sanden. Det vil bli synlig som en utsprengt fjellskjæring med Obermeyerluker i nivå med vannspeilet, og adkomstveien fra øst.

Inngrepet vil dominere ved overgangen mellom landskapsrommet i vestenden av Evangervatnet, som fra før har høye og bratte vegger omkring vannspeilet, og der vannet går over i Bolstadelvi som slynger seg nedover dalen til Bolstadøyri. Dette er et landskapsrom med få inngrep, og det fremstår som vilt. Skjæringene vil kunne tilpasses noe med formsprenging, men skalaen er såpass stor at disse tilpasningene blir for detaljer å regne. Synligheten av tiltaket er antagelig begrenset, men fordi skalaen og inngrepet er så stort blir effekten likevel stor.

Tverrslag Laberget/Horveid – det er planlagt tverrslag ved Laberget i overgangen mot Gili. Det vil komme en tunnel på omkring 35 m², vifter, riggplass, spyleplass, parkering etc.

Også her vurderes landskapet som å ha lokalt særpreg og at det er sårbart. Dalen er trang og det kort avstand over til andre siden og god visuell kontakt. Det er en fordel av tverrslaget er trukket tilbake fra elven så mye som mulig. Kulturlandskapet med beiter på bøene under de skurte bergsidene vil påvirkes. Kontinuiteten og tidsdybden i landskapet reduseres. Forutsatt at tverrslaget i driftsfasen blir værende som en tunnelportal og en anleggsvei og at området for øvrig kan tilbakeføres, vil den varige negative effekten være lav.

Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Utløp Horviki - utløpet i Horviki vil komme ut i Horvvikaneset. Av tekniske årsaker må det sprenges ut en omkring 30 m bred forskjæring ca 20 m innenfor der fjellveggen går i dag for de to neddykkete tunnelene. Forskjæringen vil bli omkring 15 m over vannflaten på det høyeste. Dette gjør at det under og foran tunnelene, under vannet, vil sprenges ut en hylle eller et gulv i fjellet.

Dette blir et massivt og temmelig brutalt inngrep, men det er forventet at det vil være skjult fra Bolstadøyri bak Horvvikaneset. Inngrepet vender mot Bolstadstrandi, og det forventes at den er lite visuelt eksponert for omgivelsene. Landskapet har en middels skala og et vilt naturlandskap. Inngrepet vil bli synlig om man ferdes i båt. Det anbefales at skjæringene bearbeides og at kantene formes slik at de får en mer naturlig fremtoning fremfor at det fremstår som at en kube er tatt ut av fjellet.

Dette tunnelalternativet har en slik skala og gjennomføring at det ikke kan anbefales i forhold til landskapseffekten.

4.3.5 Kulturminner/kulturmiljø

Alternativet medfører en rekke konsekvenser for kulturminner, i forbindelse med både anleggs- og riggområder, anleggsveier og deponi. Konsekvensene dreier seg i hovedsak om potensiale for funn av automatisk fredete kulturminner, samt i noen grad om forringelse av verdifulle kulturlandskap. Det vurderes som sannsynlig at de fleste av lokalitetene for inntak, utløp og tverrslag vil måtte registreres arkeologisk i områdene som berøres under anleggsgjennomføring (jf. Kulturminneloven §9). For mange av disse antas det å kun dreie seg om et mindre arbeidsomfang og lav sannsynlighet for funn av automatisk fredete kulturminner. Noen av lokalitetene hvor vi regner med krav om arkeologiske registreringer ligger under vann, hvor grensen for automatisk fredning er kun hundre år (jf. Kulturminneloven § 14) i motsetning til grensen på land som går ved 1537.

Ved funn av automatisk fredete kulturminner vil en utløse krav om dispensasjon for de kulturminner som tiltaket kommer i konflikt med. Som oftest kan dispensasjon gis på vilkår om utgravning. Det er viktig å begynne dialogen med vernemyndighetene tidlig, ettersom feltarbeid primært utføres i sommerhalvåret, og tar noe tid å planlegge. Myndighet til å utføre arkeologiske registreringer og å gi dispensasjon fra fredning etter kulturminneloven ligger hos Fylkeskommunen. Eventuelle marinarknologiske undersøkelser utføres av Bergens Sjøfartsmuseum, mens utgravninger på land vil måtte utføres av Universitetsmuseet i Bergen.

Palmafoss – Sætre

Tunnelen fra Palmafossen til Sætre innebærer et stort inngrep ved Palmafossen, og noe mindre inngrep ved tverrslagene og utløpet på Sætre. Inntaket vil likevel trolig ikke ha noen direkte konsekvenser for kulturminner ved Palmafoss. Palmafoss er et område med mye tidlig industrihistorie knyttet til vannkraften, men den gamle kraftstasjonen er nylig blitt revet, og vesentlige deler av kulturlandskapet er alt forringet. Husene som vil måtte rives i forbindelse med tiltaket er av nyere dato og har ingen spesiell kulturhistorisk verdi. Et gammelt sagbruk befinner seg like nordvest for påhuggsområdet, og bør hensyntas under anleggsgjennomføring.

Både utløp og tverrslag for tunnelen mellom Palmafossen og Sætre vil trolig måtte registreres arkeologisk, men potensialet for funn vurderes her å være lite til moderat. Krav om arkeologiske registreringer bør påregnes på Sætre og ved tverrslagene.

Ænsstraumen – Hellesnes

Inntaket ved Ænsstraumen vurderes ikke å bli spesielt problematisk i forhold til kulturminner, men det er likevel verdt å påpeke at inntaket er beliggende i et kulturlandskap, og trolig vil innebære nærføring til et verneverdig gårdsmiljø på moen nord for strømmen.

Gården Norekvål (Gnr. 63/4) har i dag to eldre bygg fra før 1850, hvorav den ene er omfattet av hensynssone i kommuneplanen. Området ovenfor inntak er fra før berørt av et mindre deponiområde, samt et verksted/sagbruksanlegg. Kulturlandskapet og gårdsmiljøet bør hensyntas under planlegging av anleggsområde og -gjennomføring, for å sikre at påvirkningen blir så liten som mulig.

Utløpet ved Hellesnes vurderes å ha lite til ubetydelig potensial for funn, ut fra at det er et lite område uten særlig overdekning, som befinner seg tett på E16 og sannsynligvis er tidligere arkeologisk registrert. Tverrslaget på Gjerde vurderes å ha moderat til høyt potensial. Tverrslaget på Gjerde befinner seg i et verdifullt kulturlandskap, og ligger i nærheten av gården Ringheim, som er blant de største og eldste gårdene på Voss. Krav om arkeologiske registreringer bør påregnes på Gjerde/Ringheim, og det bør også tas grep for å sikre minst mulig inngrep i kulturlandskapet her.

Skjelde – Evanger

Inntaket på Skjelde medfører stor sannsynlighet for konflikt med arkeologiske kulturminner i grunnen, ettersom potensialet for funn i dette området er svært stort. Tre uregistrerte gravhauger er observert like ovenfor inntaket. Fra før er det også registrert andre automatisk fredete gravhauger i nærområdet. På Skjelde må det derfor påregnes krav om arkeologisk registrering, og trolig påfølgende utgravning.

Det er først og fremst veitilkomst som vil være utfordrende, ettersom inntaket vil befinne seg nede i vannkanten hvor potensialet for funn er mindre. Kulturminner har vært forsøkt hensyntatt i forbindelse med prosjektering av veitilkomst, men da vi ikke kan si hvor det finnes kulturminner i grunnen før en arkeologisk registrering er utført, kan det bli aktuelt å justere prosjektet veitilkomst på ny. Hensynet til kulturminner må også avveies mot landskapshensyn på Skjelde.

Utløpet ved Evanger er uten konflikt med kulturminner på land. Siden utløpet vil være dykket, bør det likevel påregnes et mulig krav om marinarkeologiske registreringer under vann. Ekkolodd-målingene av den østligste delen av Evangervatnet viste flere uforklarlige mønstre under vann, og dette kan være spor av menneskelig aktivitet, for eksempel i forbindelse med tømmerfløting.

Tverrslaget sør for Evanger sentrum vurderes ikke å være i direkte konflikt med kulturminner. Et lite eldre bygg står på stedet, men dette er svært forfallent. Tverrslagets nærområde bør derimot hensyntas, i og med at tilkomst krever at en tar seg gjennom områder med eldre bebyggelse og gårdstun. Tverrslaget på Seim vurderes heller ikke å komme i direkte konflikt, men tilkomst via gårdene på Seim vil kunne få negative konsekvenser for kulturmiljøet og kulturlandskapet der.

Horveid – Bolstadøyri

Ved inntaket på Horveid ligger en gammel dampskipskai fra 1837. Denne er nylig blitt restaurert, og har stor verneverdi. Veien nordvest for kaien regnes som en del av kulturminnet, og området vil derfor ikke kunne brukes til anleggsgjennomføring. Dampskipskaien vil snarere måtte hensyntas under anleggsgjennomføringen. Inntaket ligger øst for kulturminnet og vil ikke påvirke det fysisk, men det vil ha noe indirekte (visuell) negativ innvirkning på lesbarheten til dampskipskaien.

Tverrslaget ved Horveid er ikke i konflikt med kjente kulturminner, og antas å ha lite til moderat potensial for funn av hittil ukjente automatisk fredete kulturminner, ettersom området er forstyrret av nyere deponi og vei. Krav om arkeologiske registreringer bør likevel påregnes.

Bukti ved Bolstadøyri er et tidligere havneområde, som var av vesentlig betydning for ferdsele mellom Voss og Bergen siden middelalderen. Bolstad var historisk så langt øst som en kunne komme med båt fra fjorden, og stedet ble derfor et viktig knutepunkt, og en del av postvegen. Stedet ble undersøkt av Sjøfartsmuseet i 2009, og havneområdet ble bekreftet med bl.a. funn av en krittpipe. Det er derfor positivt at utløpet er plassert på nordsiden av Horvvikaneset, men også her er det potensiale for funn av automatisk fredete kulturminner under vann, og et mulig krav om marinarkeologiske registreringer etter kulturminnelovens §§ 9 og 14 bør derfor påregnes.

4.3.6 Skred og erosjon

Vosso oppstrøms Vangsvatnet: det er erosjon og tilhørende skredproblematikk i deler av Vosso i forbindelse med flom. Over tid kan dette føre til at elveløpet utvides og at veier og hus på elvebredden trues. En flomsikring ved å ta vann ut av vassdraget vil redusere dette problemet.

Vangsvatnet: det er planlagt dykka utløp i Vangsvatnet ved Sætre og Hellesnes. Begge utløpene er lokalisert til steder med synlig fjell. Dette sikrer at den skredfarlige skråninga mellom utløpet av Vosso og fram til Hellesnes ikke trues ettersom vannet fra utløpet av tunnelen kommer ut nedstrøms dette området. Utløpet ved Sætre ligger også ved synlig fjell og flomvannet som sendes ut vil ikke erodere masser på bunnen på en måte som truer natur eller konstruksjoner.

Vosso nedstrøms Vangsvatnet: denne strekninga er utsatt for erosjon ved store flommer. Ved å ta vannet i en tunnel fra Skjelde til Evanger reduseres de skadelige flommene slik at det ikke forventes erosjon og skredproblematikk langs hovedelva i samme grad som i nåsituasjonen.

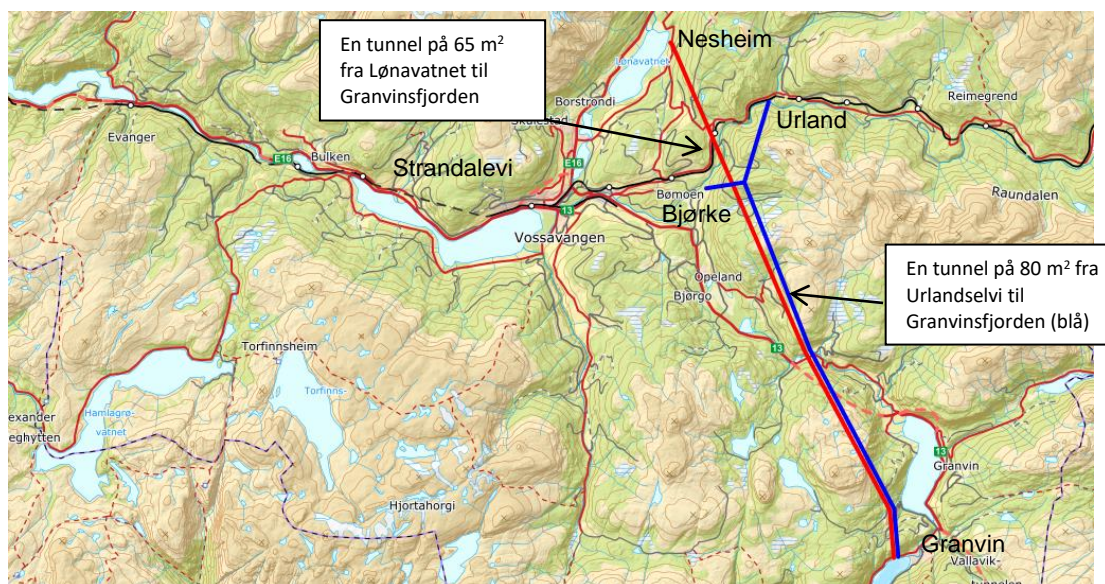
Bolstadøyri: her planlegges dykka utløp med kanal som sprenges ut i fjell. Det forventes ikke problemer med erosjon på grunn av dette.

Sidevassdrag: Om tiltakene gjennomføres vil det ikke ha påvirkning på vannmengden i sidevassdrag. Om klimaendringene fortsetter med økt og mer intens nedbør kan det derfor forventes økte problemer med skred og erosjon i sidevassdragene i framtida.

5 Flomsikring med å føre vann ut fra vassdraget (VUV), alternativ 2

5.1 Innledning

Det er to tunneler og inntak som er forutsatt i konseptet flomsikring med flomtunneler for vann ut av vassdraget, se Figur 5-1. Hensikten er å redusere restvannføringa i elvene og holde vannstanden i Vangsvatnet og Evangervatnet nede slik at en unngår flomskader.



Figur 5-1 Oversiktskart for vann ut av vassdraget/alternativ 2.

Tunnelene vil sikre en vannstand på kote 49,9 i Vangsvatnet. Uttak av flomvann fra Lønnavatnet vil sikre Strandaelvi mot flom på strekningen fra Lønnavatnet til samløpet med Raundalselvi. Løsninga sikrer også at en holder vannføringa gjennom Voss sentrum under vurdert skadeflomsnivå ($1000 \text{ m}^3/\text{s}$). Det vil således ikke være behov for flomverk langs Vosso gjennom Voss sentrum, men noe erosjonssikring må påregnes.

Vannføringa ut av Vangsvatnet ved Bulken vil være på rundt $575 \text{ m}^3/\text{s}$, dvs vesentlig lavere enn i 2014 flommen ($830 \text{ m}^3/\text{s}$).

De to flomtunnelene fra Lønnavatn og ved Umland drenerer til sammen ca. 54% av det totale nedslagsfelt ved utløpet av Evangervatn. Ved store flommer med tyngdepunkt lenger nede i vassdraget (scenario 5) vil flomtunnelene kunne ha begrenset effekt og en maksimal flomvannstand i Evangervatn for et slikt scenario vil ligge på kote 14,6 og vannføringa mellom Evangervatn og Bolstøyri vil kunne bli nesten like stor som om tunnelene ikke hadde vært der. Ved de aller fleste flomforløp vil tunnelene fjerne mye vann fra elva sånn at hyppigheten av skadeflommer i de nedre delene av vassdraget vil bli betydelig redusert. Da flommene i sjeldne tilfeller kan bli nesten like store som før er det behov for å beskytte Evanger med lokale flomsikringstiltak.

	Største flom	Tappekapsitet	Restflom i elva
Umland-Granvin	$1008 \text{ m}^3/\text{s}$	$500 \text{ m}^3/\text{s}$	$508 \text{ m}^3/\text{s}$
Nesheim-Granvin	$639 \text{ m}^3/\text{s}$	$200 \text{ m}^3/\text{s}$	$439 \text{ m}^3/\text{s}$

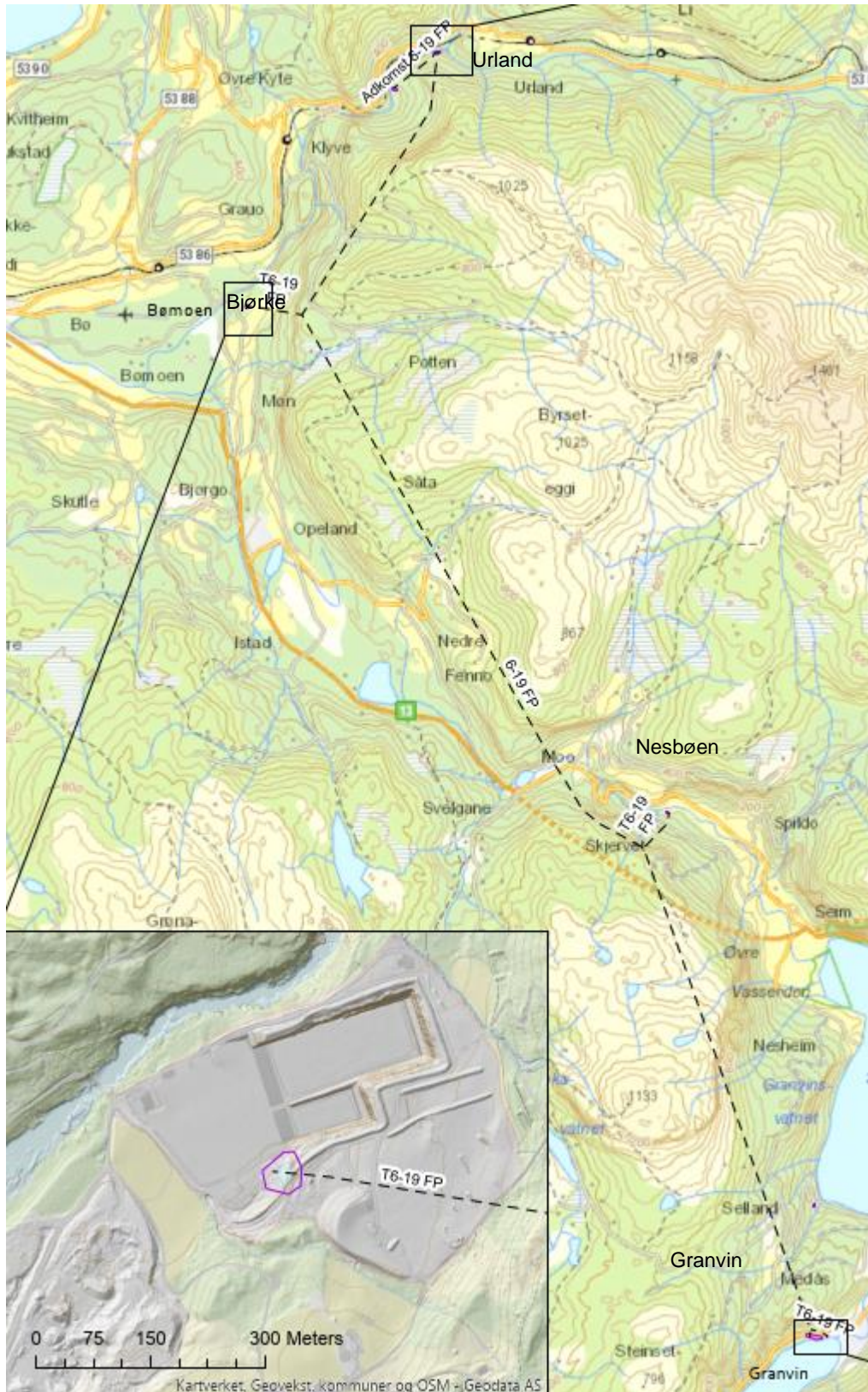
Tabell 5-1 Oversikt over virkninga av flomtunnelene i vann ut av vassdraget. Største flom er basert på scenario 1 - 5 fra kapittel 2.

Løsningene for disse er nærmere beskrevet i de følgende underkapitler.

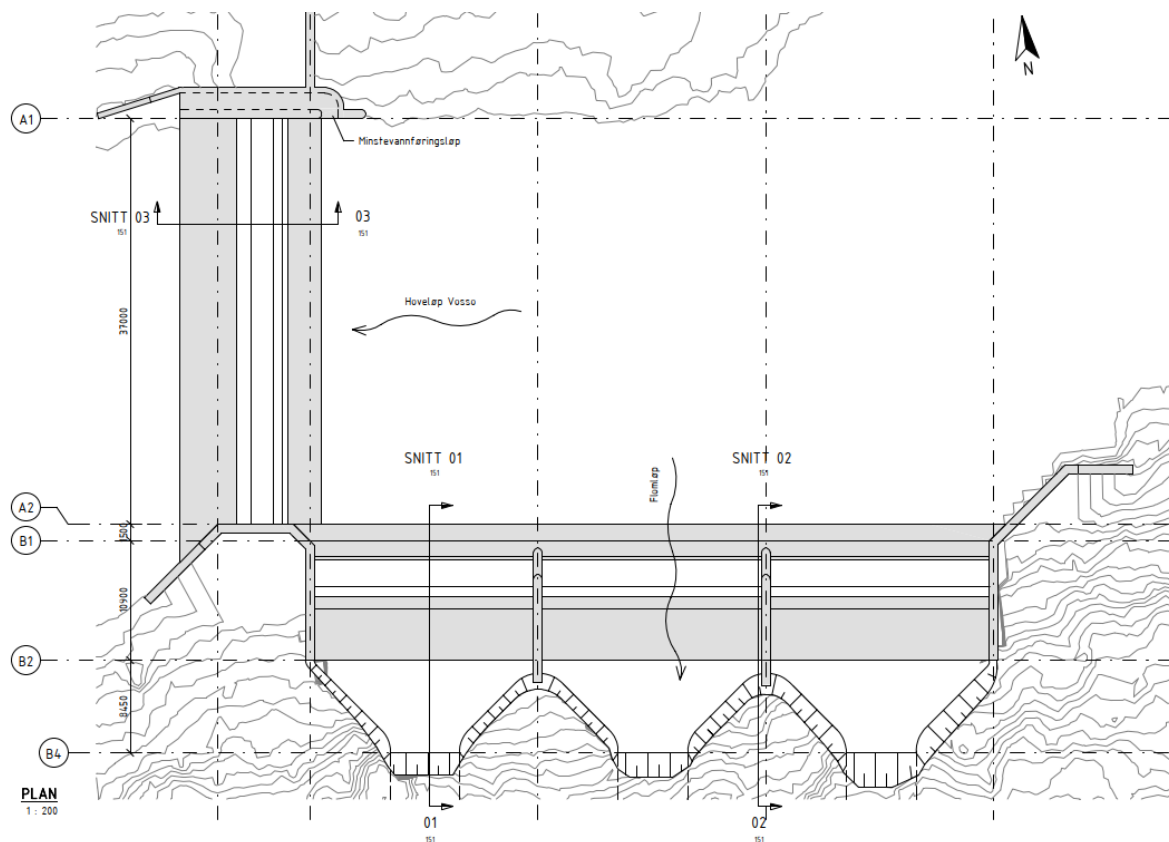
5.2 Teknisk beskrivelse

5.2.1 Umland – Granvin, tunnel 6-19

Hensikten med tiltaket er å føre vann ut vassdraget for å redusere vannføringa i elvestrekningene helt til fjorden og også redusere vannstanden i innsjøene i forbindelse med flom. Inntaket vil bestå av 3 obermeyer-luker med lengde på 11 meter, til sammen 33 meter. Lukehøyden er planlagt til 4 meter. I tillegg benyttes en luke på tvers av elva som til vanlig ligger nede, men som heves når det skal tas vann ut av vassdraget slik at vannet bremses opp og lettere kommer inn i tunnelen, se [Figur 5-3](#). Dette gir en tappekapasitet på 500 m³/s. Et minstevannsløp sørger for at det alltid renner mer enn 10 m³/s i elva. Det må føres innstøpte trykklufttrør til et lukehus. Dette er tenkt lagt på sørsida av elva. Det etableres adkomst gjennom tunnel fra Mæringalii. Etter lukene vil det i starten være tre tunneler på 35 m². Etter ca 50 meter vil de samles til en felles tunnel på 80 m². Tunnelen til Granvin vil være 19 450 meter lang og er vist på [Figur 5-2](#).



Figur 5-2 Tunnel 6-19, Urland-Granvin. Den vil drives fra tverrslag på Bjørke, Nesbøen innenfor Granvinsvatnet og Granvin.



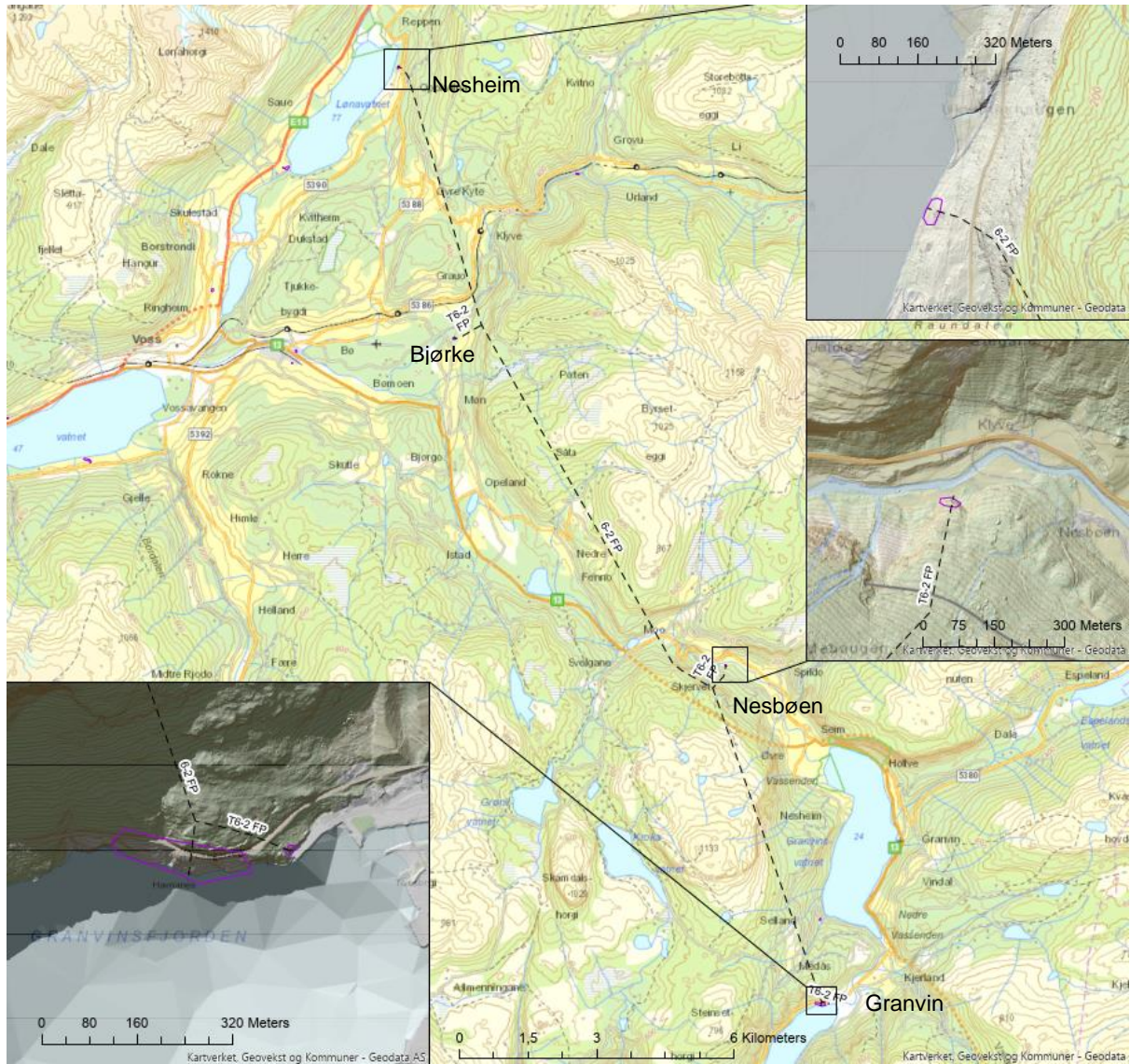
Figur 5-3 Plantegning av inntak Urland. For å sikre at det alltid renner vann i elva legges det inn minstevannsløp ved nordsida av elva.

For å bygge stengeluka på tvers av elva, må det bygges fangdam over halve elva av gangen for å kunne bygge tørt. For å bygge inntaket ved Urland sprenges tunnelene og området for lukene først. Det settes igjen en fjellterskel mot elva slik at luketersklene kan bygges på innsida. Når føringer og grunnlaget for revisjonsstengslet med bjelker er etablert kan bjelkene settes for montasje av lukene. Det er ikke gjort bunnkartlegging i elva eller kartlegging av stein/fjell på overflaten. Når dette er gjort kan plassering av inntaket vurderes med tanke på om det skal flyttes noe inn for å sikre en fjellterskel mot elva.

Det er mulig at det vil bli dratt inn luft i tunnelsystemet under bruk. Dette er ikke utredet nå og må derfor i senere fase vurderes om det legges inn luftesjakt i høybrekk eller annet tiltak.

5.2.2 Nesheim – Granvin, tunnel 6-2

Hensikten med tunnelen er å ta ut vann av vassdraget for å redusere vannstanden i vannene og redusere vannføringa i elvestrekningene ned til sjøen ved flom. Inntaket er planlagt med to obermeyer-luker på 15,5 meter hver, til sammen 31,0 meter. Se Figur 5-5 og tegning 56816001-RIB-120-B-00 i vedlegg. Det er planlagt med en tunnel på 65 m² med lengde 22 500 meter ned til Granvinsfjorden. Tunnelen er vist på Figur 5-4 og er planlagt drevet med tverrslag på Bjørke og Nesbøen innenfor Granvinsvatnet.



Figur 5-4 Nesheim-Granvin.



Figur 5-5 Visualisering av inntak Nesheim.

For å bygge inntaket ved Nesheim bygges det fangdam i vannet. Denne er planlagt bygget med tunnelstein i kombinasjon med tettetduk. Alternativt kan det settes en spuntvegg ytterst og løsmasser som støtte på innsida. Adkomstveg legges på toppen av fangdammen eller på massene på innsida av spunten.

Det er mulig at det vil bli dratt inn luft i tunnelsystemet under bruk. Dette er ikke utredet nå og må derfor i senere fase vurderes om det legges inn luftesjakt i høybrekk eller annet tiltak.

Adkomst og rigg

Adkomst og riggområder blir felles for de to tunnelene i konseptet med vann ut av vassdraget og er derfor beskrevet felles.

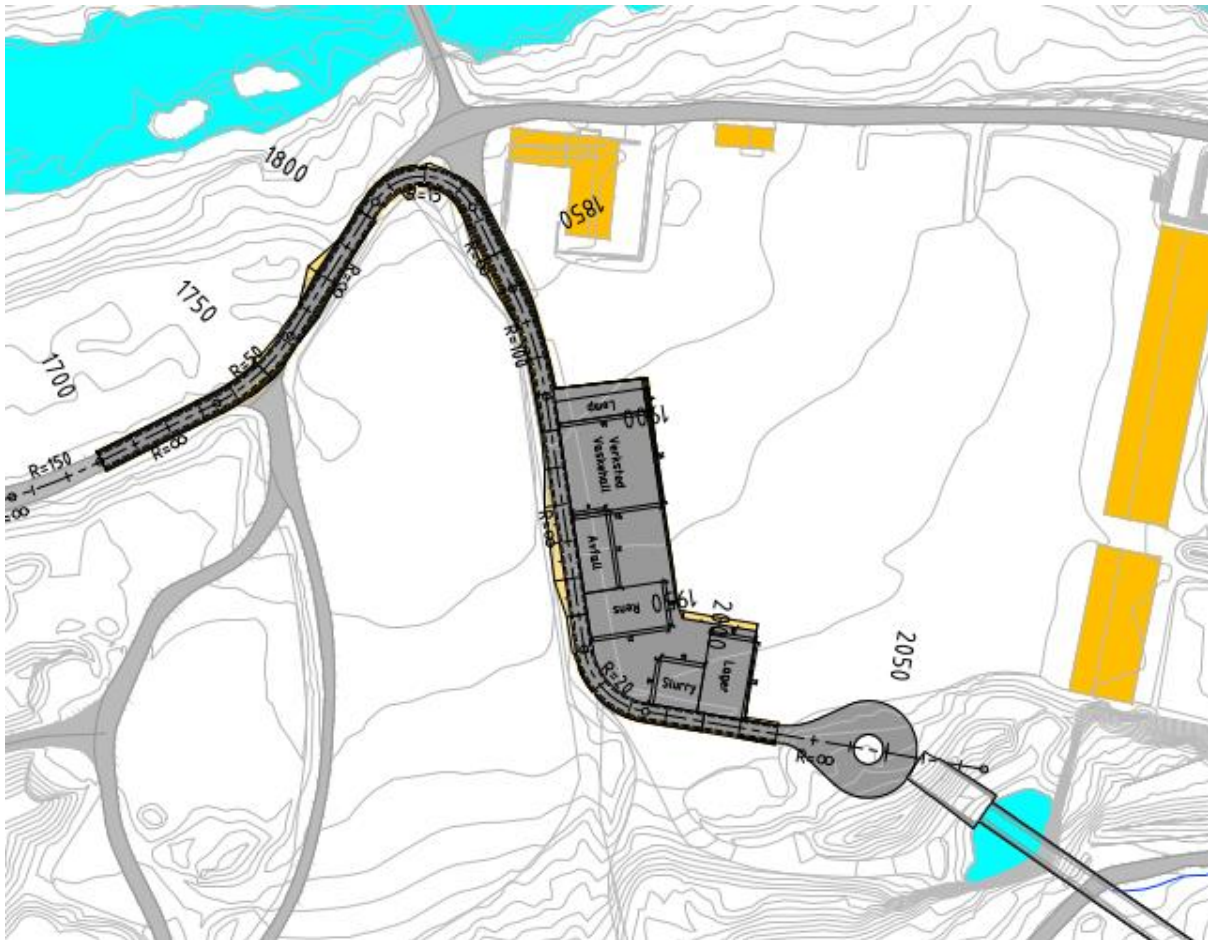
Tverrslag Bjørke

Tilkomst er skissert med bru over elva og massetransport antas direkte til deponi. Det vil trolig være behov for å forsterke brua, eller sette opp en ny midlertidig bru for anleggsperioden. Området nord for elva er regulert til forsvarsformål (planID 123506016).

Om det ikke er mulig å få tilkomst fra dette området til tverrslaget kan tilkomst være via eksisterende riksveg Hardangervegen (Rv13) og kommunal veg Bjørkevegen (Kv1145). Vegene vil bli sterkt belastet med massetransport i anleggsperioden. Bjørkevegen betjener både områder for bolig og næringsvirksomhet og har mange avkjørsler rett ut i veggen. Deler av veggen har i dag fortau. Tiltak for å minimere risiko for ulykker bør vurderes i anleggsperioden.

Det er registrert to bruer langs veggen som må tilstandsvurderes med tanke på belastning fra massetransport. En del av veggen er planlagt med utvidet kjørebane og separat gang- og sykkelveg (PlanID 123599008). Denne planen omfatter også utbedring/erstatning av de eksisterende bruene.

For tilkomst til antatt tverrslagplassering er det anslagsvis behov for å gjøre tiltak (omlegging eller utvidelse) på ca. 300 meter eksisterende veg forbi skytebanen. Med foreslåtte tiltak vil tilkomsten å kunne tilfredsstille krav til landbruksveiklasse 3. Se Figur 5-6.



Figur 5-6 Atkomst, riggområde og tverrslag Bjørke.

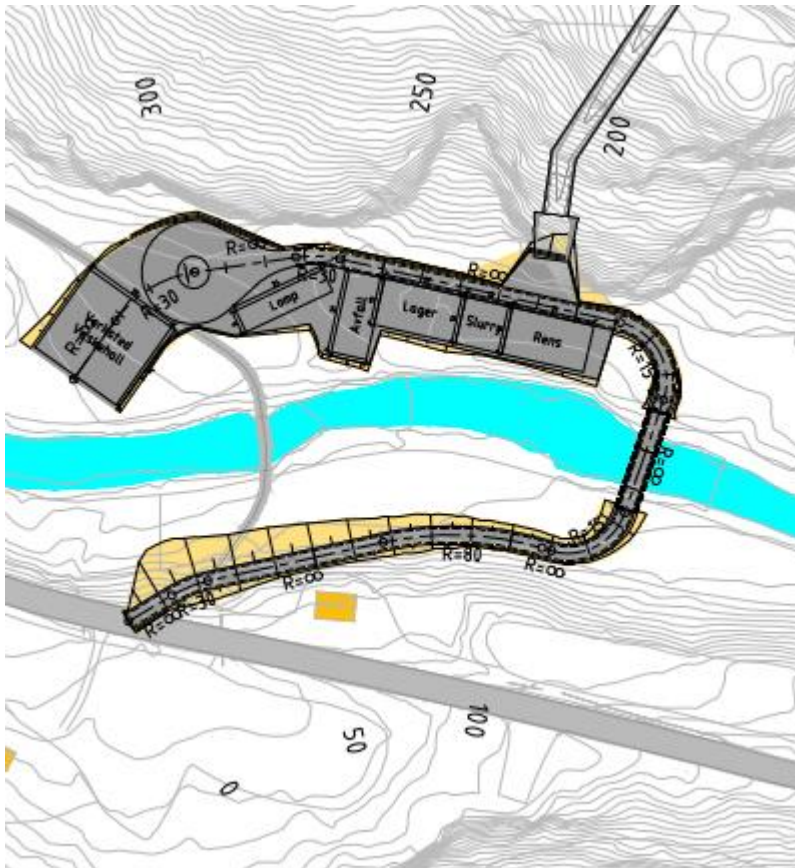
Tverrslag Nesbøen

Det er god tilkomst til tverrslaget via eksisterende riksveg Hardangervegen (Rv13) og Skjervsvegen (Rt13). Vegene vil bli sterkt belastet med massetransport i anleggsperioden.

Skjervsvegen antas å ha tilfredsstillende vegbredde og geometri for massetransport, men det er en bru langs vegen som må tilstandsvurderes med tanke på belastning fra planlagt massetransport.

Mellom Skjervsvegen og tverrslaget må det etableres ca. 280 meter ny anleggsveg, inkludert en bru som krysser over Storelvi. Med foreslått anleggsveg vil tilkomsten kunne tilfredsstille krav til landbruksveiklasse 3.

Det vil være behov for et lite mellomlager av masser ved tverrslagene. Massene vil kjøres ut med dumper fra tunnelen og lastes om til lastebil med henger på utsida. Se Figur 5-7.



Figur 5-7 Akomst, riggområde og tverrslag Nesbøen.

Tverrslag Granvin

Det er god tilkomst til tverrslaget via eksisterende fylkesveg Hardangervegen (Fv79) og kommunal veg Eidesvegen (Kv2047). Vegene vil bli sterkt belastet med massetransport i anleggsperioden.

Eidesvegen har både tilfredsstillende bredde og geometri mellom Hardangervegen og kaien, men den går gjennom relativt tett bebyggelse, med hus tett på og mange avkjørsler rett ut i vegen. Det mangler fortau mangler langs deler av vegen. Tiltak for å minimere risiko for ulykker må derfor vurderes i anleggsperioden. Området vil bli sterkt påvirket av massetransporten ut fra tverrslaget. Hvis massene skal kjøres til Bømoen vil det bli behov for et mellomlager for omlasting fra dumper til lastebil.

For å sikre areal til snuplass og riggområde er det behov for å utvide kaiområdet med terrenginngrep mellom kaien og Hardangervegen. Dette området er regulert til kombinert formal bolig/næring i sentrumsplan for Granvin (PlanID 12342012002).



Figur 5-8 Atkomst, midlertidig riggområde og påhugg Granvin.

5.2.3 Kostnadsberegninger

Det er gjort kostnadsberegninger for tunnel, inntak, adkomstveger og lokale flomsikringstiltak på Evanger. De største kostnadskomponentene er de 4 tunnelene i prosjektet. Øvrige kostnadskomponenter er inntakene med luker og adkomstveier.

Beskrivelse	Delsum kap.
Flomtunnel 6-19, Urland - Granvin	1 647 000 000
Flomtunnel 6-2, Nesheim - Granvin	1 380 000 000
Inntak Urland (Raundalselvi)	87 000 000
Inntak Nesheim (Lønnavatn)	21 000 000
Adkomstveier	4 000 000
Lokale sikringstiltak Evanger	108 000 000
Overvannshåndtering Evanger	11 100 000
Uspesifiserte kostnader	46 000 000
Entreprisekostnad	3 305 000 000
Prosjektering, prosjektadministrasjon, byggherrekostnader	83 000 000
forventede tillegg P50	339 000 000
Prosjektkostnad P50	3 727 000 000

Tabell 5-2 Estimerte kostnader for flomsikring av Vossovassdraget i alternativ 2 - vann ut av vassdraget.

Den estimerte prosjektkostnaden (P50) er det som forventes og den inneholder ikke reserver utover det som forventes i vanlige prosjektgjennomføringer.

5.3 Vurdering av konsekvenser

5.3.1 Hydrologi og hydraulikk

Fordelen med alternativet vann ut av vassdraget er at vannet tas ut av vassdraget for godt slik at det reduser flommen i hele vassdraget nedstrøms tiltaket. I Tabell 5-3 og Tabell 5-4 er forventet antall skader før og etter bygging og forventet bruksmønster for lukene vist.

Tunnelene fra Lønnavatn og Urland til Granvinsfjorden sikrer Voss sentrum mot erosjonsskader. Disse tunnelene klarer å håndtere flom i både Strandaelvi og Raundalselvi. Tunnelene brukes for å holde nede vannstanden i Vangsvatn under et flomkrittisk nivå.

Flomtoppene nedover i vassdraget blir redusert når vannet er tatt ut av vassdraget. Ulempen er at det ikke gir en god sikring mot store lokale flommer for eksempel på Evanger. Det er store nedslagsfelt mellom inntakene og flomutsatte områder nedstrøms inntakene. Ved mer lokale nedbørhendelser kan det i ekstreme tilfeller genereres nesten like mye vann i vassdraget ved Evanger selv om betydelige deler av det totale nedbørfeltet er ført ut av vassdraget. Skadeflommivået kan derfor bli nesten like stort som før, men skadeflommene vil inntreffe sjeldnere ettersom det i de fleste flomhendelsene er betydelige bidrag fra feltene som planlegges ført ut av vassdraget.

Sted	Antall skadeflommer		Antall skadeflommer etter tiltak	
	Dagens klima	Fremtidig klima	Dagens klima	Fremtidig klima
Vosso gjennom Voss sentrum	1	4	0	0
Vangsvatnet	1-2	10	0	0
Vangsvatnet – Evangervatnet	1-2	10	0	0
Evangervatnet	6	Ca. 30	1	9
Evangervatnet – Bolstadfjorden	Usikre data, færre enn Evangervatn	Usikre data, færre enn Evangervatn	Usikre data, færre enn Evangervatn	Usikre data, færre enn Evangervatn
Bolstadfjorden - Straume	Usikre data, 1-4	Usikre data, 11-21	Usikre data, 0	Usikre data, 3 - 7

Tabell 5-3 Skadeflommer over en periode på 25 år i dagens og fremtidig klima³

³ 25 siste år + 40% økt vannføring

Tunnel	Forventet antall hendelser hvor lukene åpnes		Hendelser som vil føre til at vann renner inn i tunnelen som følge av overtopping av luke i stengt posisjon	
	Dagens klima	Fremtidig klima	Dagens klima	Fremtidig klima
Urdal - Granvin	6	26	Begrenset grunnlag. Sannsynligvis rundt 5	Begrenset grunnlag. Sannsynligvis rundt 22
Nesheim - Granvin	6	26	Begrenset grunnlag. Sannsynligvis rundt 5	Begrenset grunnlag. Sannsynligvis rundt 22

Tabell 5-4 Bruksmønster for tunneler over en periode på 25 år i dagens og fremtidig klima⁴

Om dette alternativet var bygget før flommen i 2014, kunne maksimale vannføringer og vannstander i vassdraget ha blitt redusert, se Tabell 5-5. Simuleringen er kjørt med at tunnelene åpner og stenger når vannstand i Vangsvatn når kote 48,0. Tunnelene er fullt funksjonell umiddelbart etter åpningen ettersom det er inntaket som vil begrense vannstrømmen i starten. Full kapasitet i tunnelen er kan i tillegg være avhengig av en forutsatt vannstand ved inntaket.

Scenario	Maks. vannføring gjennom Voss sentrum	Maks. vannstand for Vangsvatn	Maks. vannstand for Evangervatn
	[m ³ /s]	[moh]	[moh]
Observerte verdier (dagens situasjon)	1040	51,3	12,8
Verdier om alternativ to blir realisert	550	48,2	12,0

Tabell 5-5. Effekt av alternativ 2 på flommen i 2014.

5.3.2 Hydrogeologi

Tunnelene har delvis samme trasé og har derfor mange likhetstrekk med tanke på hydrogeologiske forhold.

Tunnelalternativ 6-2 går under flere bolighus og gårder de første 5,5 km frem til Raundalselvi. Herfra og til Granvin er det derimot begrenset med bebyggelse og tunnelene går hovedsakelig gjennom uberørt terreng med myrer, bekker og elver. Et unntak er området nord-nordøst for Monsvatnet.

Det er registrert flere brønner i den nasjonale brønndatabasen (GRANADA) innenfor 300 m av tunnelene. Det er nødvendig å ta en gjennomgang av energibrønner og vannforsyningen i

⁴ 25 siste år + 40% økt vannføring

området i forkant av tunneldriving, for å fange opp brønner som ikke er registrert eller er registrert på feil plass. For tunnelalternativ 6-2 er det registrert mange drikkevannsbrønner mindre enn 100 m fra tunnelen mellom Lønavatn og Raundalselvi. Begge tunnelalternativene har også en ansamling av brønner i området nord-nordøst for Monsvatnet.

Begge tunnelene krysser flere svakhetssoner/sprekkesoner som kan være vannførende. Den mest markerte sonen krysser tunnelene ved Moavatnet. Her ligger det også en brønn som gir godt med vann. Tunnelalternativ 6-2 krysses også av en markert sone som følger Raundalselvi.

Det vil være behov for vurdering av innlekkasjekrav. Spesielt der tunnelene i tillegg krysser under bekker/elver, tjern, myrer og bebyggelse. Løsmassedekket er generelt tynt og usammenhengende, men setningsproblematikk må likevel vurderes.

Det henvises til den hydrogeologiske rapporten [30] for nærmere detaljer.

5.3.3 Naturmiljø

Inntak Umland og tverrslag Bjørke

For inntaket fra Raundalselvi ved Umland er det skog ned mot elva ved det aktuelle inntaksstedet. Det er ikke registrert viktige naturverdier i dette området. Det vil bli behov for inngrep for å sikre adkomst, samt at et større område i elvekanten vil bli beslaglagt som inntaksområde. Dette området ser ut til å være lite kartlagt, slik at det kan være potensial for viktige naturverdier. Ca. 6 km nedstrøms inntaket er det en registrering av den viktige naturtype gråor-heggskog med utforming flommarkskog, verdi C. Denne kan bli negativt påvirket ved uttak av flomvann oppstrøms i vassdraget. Inntaket ligger oppstrøms anadrom strekning og det er ikke forventet at dette inntaket vil ha nevneverdig negativ påvirkning på fisk. Potensielt kan fisk bli ført over til Granvinfjorden gjennom tunnelen, men omfanget av dette forventes å være minimalt. Det vil i flomperioder bli noe mindre vann i vassdraget nedstrøms, uten at dette er forventet å være negativt for det akvatiske miljøet. Riktig lukestyring er viktig for å unngå unødvendige dropp i vannføringen. Tabell 5-4 viser at i dagens klima vil lukene kun åpne hvert fjerde år i snitt, i tillegg til at de største flommene ofte ser ut til å komme på høsten. Den negative konsekvensen for laksen lenger nede i vassdraget forventes derfor å være marginal.

Inntaket vil være et stort inngrep i et verna vassdrag, og må derfor vurderes opp mot verneverdiene. Området framstår i dag uten inngrep og forholdsvis utilgjengelig. Slik vi ser det er ikke verdien godt nok utredet i dette området, og en konsekvensutredning med kartlegging må legges til grunn i videre arbeid.

Tverrslaget ved Bjørke ligger i et allerede opparbeidet område og et tidligere steinbrudd. Det er ikke forventet at tverrslaget vil påvirke viktige naturverdier.

Inntak Nesheim og tverrslag Nesbøen

Det er ingen kjente registreringer i området hvor inntaket i Lønavatnet er planlagt. Området består av skog og beitemark. Også dette inntaket ligger oppstrøms anadrom strekning, og det er ikke forventet nevneverdig negativ påvirkning på fisk. Lønøyene naturreservat ligger nordvest for inntaksområdet. Dette er et innlandsdelta av stor verdi, som i hovedsak påvirkes av vannføringen inn i Lønavatnet. Det må likevel utredes om endret vannstand i Lønavatnet i flomsituasjoner, kan ha negativ påvirkning på verneverdien i naturreservatet. Eventuell påvirkning på naturreservatet må utredes nærmere i senere faser. Som nevnt i kap. 4.3.3 er det flere naturtyper nedstrøms Lønavatnet som må utredes i senere fase. Også dette

inntaket ligger i et verna vassdrag, og det må gjøres en vurdering opp mot verneverdiene i senere fase.

For tverrslaget ved Nesbøen må det etableres ca. 280 meter ny anleggsveg, inkludert en bru som krysser over Storelvi. Storelvi er en del av det verna Granvinsvassdraget, og elva fører anadrom fisk et stykke forbi Nesbøen. Her som andre tiltak som ligger tett på vassdrag, må det være stort fokus på å unngå avrenning og andre utslipp til vassdraget. Det er ikke registrert viktige naturverdier på land som påvirkes av tverrslaget.

Utløp Granvinsfjorden

Når det gjelder utløpet i Granvinsfjorden er det ikke registrert viktige naturverdier i selve utløpsområdet, men det er registrert store områder med rik edellauvskog (viktig naturtype) i områdene rundt. Områder er trolig godt kartlagt og har lite potensial for ukjente viktige naturtyper. Det vil trolig bli behov for et mindre inngrep for å sikre adkomst, men selve utløpet vil være dykket. De ulike tunnelene vil, når de er i bruk, føre betydelige mengder med vann til Granvinsfjorden. Dette vil gjøre at Granvinsfjorden får større innslag av ferskvann enn i dag. Eventuelle konsekvenser av dette må utredes i senere fase. Granvinsvassdraget har en laksebestand i svært dårlig tilstand, slik at eventuelle konsekvenser for vassdraget må også vurderes nærmere i senere fase. Det er kjent at utløp av kraftverk i sjø fører til at laks og sjørret oppsøker disse stedene på grunn av stor tilførsel av ferskvann. Dette kan føre til forsinket oppvandring i nærliggende elver, og er sånn sett relevant med tanke på Granvinsvassdraget. I og med at tunnelen vil føre vann så sjelden, jmfør Tabell 5-4, er dette noe som blir vurdert til å ikke være noe problem for den aktuelle flomtunnelen. Generelt kan det være en risiko for å overføre ferskvannarter mellom vassdrag, noe som vil være en viktig del av en senere konsekvensutredning.

5.3.4 Landskap

Inntak Urland

Inntaksområdet ved Urland ligger i en del av elven som er uten inngrep. Litt lenger opp i dalsiden går lokalveien og jernbanen. Det er forventet at inntaket vil utgjøres av tre tunneler på 35m², og en terskel som går på tvers av elven med Obermeyerluker i 33 m lengde. Disse vil under normale omstendigheter ligge nede under vannflaten. Et lukehus skal og plasseres i nærheten

Inntaket vil være et betydelig inngrep i en uberørt og vernet del av elven, i et dramatisk elvelandskap med få inngrep. Samtidig er inngrepet relativt konsentrert. Elven beveger seg gjennom et stadig varierende dalføre og er lite tilgjengelig. Synligheten av inngrepet utenfor de nærmeste omgivelsene er derfor begrenset. Den uberørte kvaliteten ved dette landskapet vil imidlertid gå tapt.

Tverrslag – Bjørke/Bømoen. Det forventes en tunnel med omkring 35 m² tverrsnitt, anleggsvei, riggplass, spyleplass osv. Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Tverrslaget ligger i bunnen av en åpen dal, der dalbunnen er kupert og benyttet til ulike næringsformål som sandtak. Selve punktet som nå er foreslått kommer ut like ved skytebanen, som er plassert i det tidligere steinbruddet. Synligheten av tverrslaget i omliggende områder er begrenset, området er uansett preget av langt større landskapsinngrep foretatt i næringsssammenheng, og det forventes at tverrslaget vil forsvinne noe i den store skalaen i dette rommet.

Inntak Nesheim

Inntaksområdet ligger i skråningen mellom lokalveien og Lønavatnet. Denne skråningen danner foten av de skogkledte åsryggene som har få synlige inngrep bortsett fra enkelte gårdstun og lokalvegen. Skalaen i det overordnede landskapsrommet er middels, men på dette stedet fremstår landskapssituasjonen som intim ved at man er i enden av vannet og neset stikker ut ikke langt unna. Dette gjør landskapet mer sårbart.

Inntaket vil fremstå som to tunneler som er noe nedsenket bak obermeyerlukene, og anlegget vil danne et brudd i den rolige og sammenhengende strandlinjen. Ettersom landskapet er såpass intimt er det viktig at inngrepet fremstår så visuelt enkelt som mulig.

Tverrslag - Nesbøen. Det forventes en tunnel med omkring 36 m² tverrsnitt, anleggsvei, riggplass, spyleplass osv. Tverrslaget er plassert i overgangen mellom to mektige landskapsrom, og forventes å bli opplevd som en parentes av reisende. Det vil fylle plassen mellom fjellskrenten og elven, og bli et inngrep i både terrenget og skogen. Fastboende vil merke virksomheten, i hovedsak boligene som ligger like ved tverrslaget. Boliger lenger unna forventes å merke mindre til anleggsarbeidet. I driftsfasen vil anlegget der bli fjernet, men det forventes at terrenginngrepet, en oppgradert vei og ny bro blir igjen. Skal tunnelen drives med TBM blir arealbeslaget og landskapsinngrepet større.

Tverrslag Granvin – Det er foreslått et tverrslag i Granvin. Det forventes en tunnel med omkring 36 m² tverrsnitt, anleggsvei, riggplass, spyleplass osv. Det anbefales at tverrslaget legges godt utenom det gamle sentrumet, trehusbebyggelsen og kulturlandskapet i Granvin.

Utløp Granvin – forventet dykket og uten påvirkning på landskapet over sjølinjen.

5.3.5 Kulturminner/kulturmiljø

Inntak Urland

Inntaket på Urland vil ikke få konsekvenser for kjente kulturminner, og potensialet for funn av hittil ukjente arkeologiske kulturminner regnes som lite til ubetydelig. Gården Mæringen med tre SEFRAK-registrerte gårdsbygninger ligger i nærheten.

Inntak Nesheim

Like nord for inntaket på Nesheim ligger gården Opkvitne (Gnr. 81/3), som inneholder et lite våningshus fra 1916, samt et uthus/eldhus som kan være enda eldre. Bruket er brattlendt, og har mange flotte tørrmuringsarbeider. En eldre bratt vei går sørover ned mot naustet i vannkanten. Gårdsmiljøet vurderes å være lokalt alminnelig og ha noe kulturhistorisk verdi, men veien og tunet bør likevel hensyntas under planlegging av anleggsområde og -gjennomføring, og eventuell utbedring og bruk av veien bør avklares med relevante myndigheter god tid i forveien.

På motsatt side av viken i nordvest ligger Nesheimstunet (Gnr. 80/1), et gårdstun med svært høy verdi. Tunet er eid og forvaltet av Voss folkemuseum, og inneholder en rekke bygninger fra 17- og 1800-tallet. Grunnet størrelsen på inntaket på Nesheim vil det bli godt synlig fra Nesheimstunet, og vil påvirke kulturmiljøet visuelt. Her vil det være hensiktsmessig å opprette dialog med fylkeskonservator, for å sikre at påvirkningen blir minst mulig.

Tverrslag Bjørke

Tverrslaget på Bjørke (Bømoen) blir et relativt stort inngrep, men fordi området for tverrslag, rigg og tilkomst alt er svært opparbeidet og forstyrret, anses det ikke å ville få konsekvenser for kulturminner. Det er imidlertid verdt å påpeke at Bjørke, til tross for store moderne inngrep som militære anlegg, skytebane, industri og sandtak, også har svært høy tetthet av kulturminner. Bømoen leir på vestsiden av elven inneholder 28 forskriftsfredete bygninger, og det finnes en rekke automatisk fredete kulturminner i området og eldre gårdsmiljø langs Bjørkevegen.

Tverrslaget på Bjørke vurderes ikke å komme i direkte konflikt med kulturminner, og det antas også at det ikke er grunnlag for krav om arkeologiske registreringer, med mindre til nå uberørte områder berøres. Kulturminnene på Bjørke vurderes som robuste mot tiltaket, grunnet de store inngrepene som er gjort i området fra før av.

Tverrslag Nesbøen

Det påtenkte tverrslaget på Nesbøen ligger i et kulturlandskap, og har flere gårdsmiljø med SEFRAK-registrerte bygninger i nærheten. Tiltaket vil ikke føre til direkte konflikt eller nærføring til noen kjente kulturminner, men vil derimot gi noe indirekte, visuell påvirkning på det omkringliggende kulturlandskapet. Krav om arkeologiske registreringer bør trolig påregnes.

Utløp/tverrslag Granvin

Utløpet og tverrslaget i Granvinsfjorden medfører nærføring til flere ulike kulturminner, deriblant en krigsminnelokalitet. Støttepunkt Eide (Askeladden-ID 221305) er ikke fredet, men ligger på oversiden av Fv. 7, like ved utløpet. Denne bør hensyntas. Videre vil tilkomsten til tverrslaget også medføre nærføring til eldre trehusbebyggelse ved Eidesvegen og traséen og den tidligere endestasjonen til Hardangerbana. Da Hardangerbana i dag er fjernet anses området å være nokså robust for tiltaket, men det bør likevel opprettes dialog med vernemyndighetene for å sikre at dette blir håndtert best mulig.

6 Lokale sikringstiltak

6.1 Innledning

For å hindre oversvømmelse av Voss sentrum og Evanger er det planlagt lokale flomsikringstiltak. Lokale flomsikringstiltak består i hovedsak av flomsikringsmurer, mobile flomverk (bjelkestengsler) eller flomvoller der arealet tillater det. Flomsikringsmurer kan eventuelt kombineres med mobile flomverk.

De lokale tiltakene på Evanger inngår som en forutsetning for alternativene vann i vassdraget og vann ut av vassdragene.

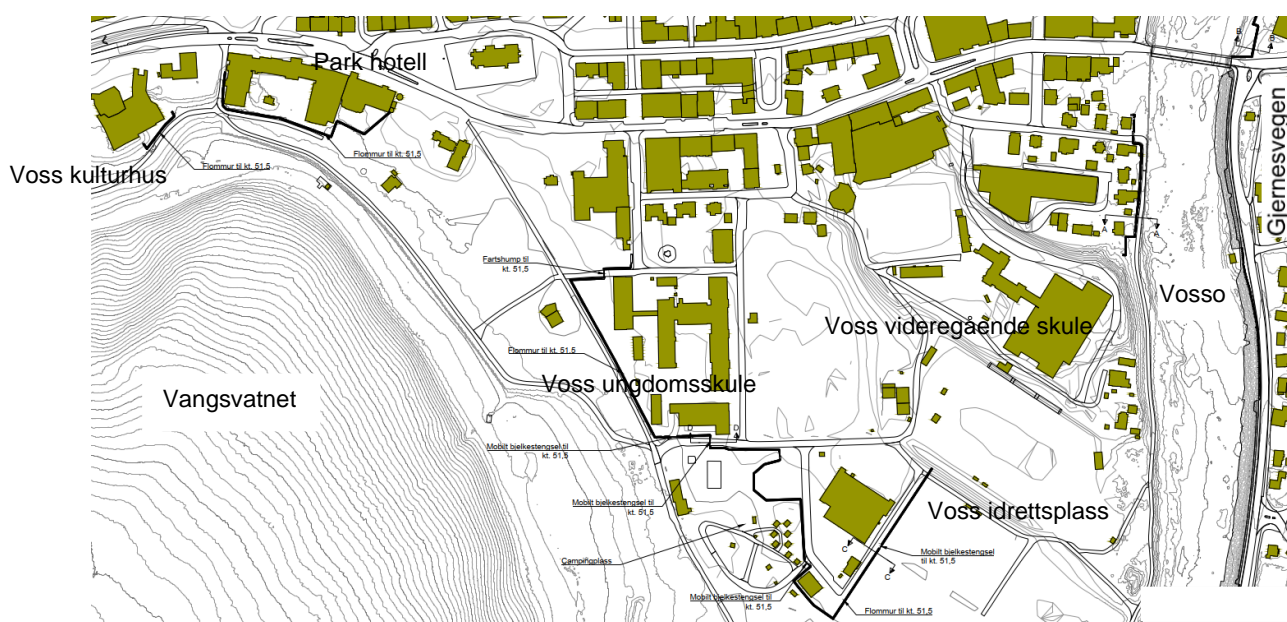
De lokale tiltakene på Voss er tiltak som kan gjennomføres uavhengig av alternativ, men de kan også kombineres med en eller flere flomtunneler. Denne kombinasjonen er ikke utredet i detalj.

6.2 Lokale flomsikringstiltak Voss

6.2.1 Overordnet utforming

De lokale sikringstiltakene på Voss kan gjennomføres alene uten flomtunneler. De gir en sikring av Voss sentrum mot høy vannstand i Vangsvatnet. Selv uten noen flomtunnell sikrer de lokale tiltakene Voss sentrum mot Q_{200} i dagens klima.

Forslaget til utforming har tatt utgangspunkt i landskapstilpasning i tillegg til behovet for å sikre mot en flomvannstand på kote 51 i Vangsvatnet som tilsvarer Q_{200} i dagens klima. Dette tilsvarer omtrent nivået til flommen som var i 2014. For å unngå voller som vil ha et stort arealbeslag og teknisk utseende foreslås det en mur utformet så likt som mulig som de eksisterende murene på Voss og i kulturlandskapet omkring. Plasseringen av murene på Vossevangen er derfor tilpasset kote 51,0 der vi har tatt hensyn til at siktlinjene fra Vangen og ut over Prestegardslandet mot Vangsvatnet og Gråsidetoppen som er viktige for karakteren på Voss. Se Figur 6-1.



Figur 6-1 Flommurer for å beskytte Voss sentrum mot vannstand kote 51 er markert med tykk svart strek.

Linjen for muren er markert slik at den i minst mulig grad bryter opp åpne rom. Den er lagt inntil bygg. Samtidig må ikke muren ligge så nærme at disse ikke får «luft» rundt seg. Videre må det være teknisk mulig å gjennomføre byggingen med graveskråninger etc. Det anbefales at muren trappes i toppen for å ta opp høydeforskjeller, og at den har en utforming som begrenser den visuelle virkningen som en barriere. Blant annet kan glassfelt i muren vurderes. Linjeføringen og muren kan justeres og detaljeres i videre faser, i enkelte områder bør den gjerne utformes gjennom en arkitektkonkurranse ettersom den blir et tydelig arkitektonisk element i byen.

Langs Gjernesvegen og langs jernbanen etableres det flomvoller ved å tette den delen av veg- og jernbanefyllinga som skråner mot elva for å forhindre lekkasje gjennom disse. Noen steder langs Gjernesvegen er dimensjonerende flomvannstand høyere enn veggen. For å sikre veggen mot overtopping på disse stedene bygges det her en flommur på toppen av vegskulderen til nødvendig høyde. Det forventes at stedegen vegetasjon gradvis vil etablere seg i plastringen og etter hvert danne en sikret, men naturlig overgang til elven. Utformingen av flomvollen kan også bearbejdes slik at den fremstår mindre teknisk, med trapper ned til vannet, se Bilde 6-1.

Disse lokale flomtiltakene gjør at det blir nødvendig med en rekke tiltak for overvannshåndtering bak murene. For Voss sentrum betyr det blant annet at det vil komme ca ti pumpehus, med behov for en bred sone utenfor for tilkomst med servicebil etc. Se illustrasjon 56816001-LARK-103-A-00 og 56816001-LARK-104-A-00.



Bilde 6-1 Eksempel på flomsikring i Opo i Odda, Ullensvang kommune, med gangvei på «flomsletta» (Foto: NVE).

6.2.2 Teknisk beskrivelse flomsikringsmur og mobile flomverk Voss

Flomsikringsmurene vil støpes i betong som kjerne og kan forblendes med naturstein på begge sider av veggen. Murene fundamenteres på løsmasser, ca. 0,5 m under terrengnivå

på et avretningslag bestående av grus/pukk, og omfylles av drenerende masser opp til terrengnivå. Basert på terrengnivået vil fundamenteringsdybden variere lokalt. Det bør graves 1 m grøft langs flommurer. For å redusere vannføringen under muren slås det ned en spunt til 2,0 meters dybde i grøften for hele murens lengde. Spuntveggen forankres i murens såle og støpes i betong. Drenasjerør legges rett bak bakre ende av sålen for å unngå poretrykk bak spuntveggen.

Muren består av en 1,5 m bred såle og 0,3 m tykk betongvegg. Topp av mur blir på kote 51,7 for å sikre 0,5 m overhøyde for flomvannstanden. Der hvor muren krysser veg blir muren over terreng erstattet med mobile bjelkestengsler. Her blir veggtykkelsen fra sålen opp til terreng 0,5 m for å sikre plass til festbraketter for bjelkeføringene. Sideføringene for bjelkestengselet støpes inn i tilstøtende ende i ordinær mur. Det bygges et mindre lagerbygg ved siden av åpningen for å lagre bjelkestengsler.



Figur 6-2 Fotomontasje av mulig flommur på Voss (Lekvemoen). På denne seksjonen er det ikke nødvendig med mobile flomverk på toppen.

6.2.3 Kostnader

Det er gjort kostnadsberegninger for flomvoller, flommurer med og uten mobile flomverk og tiltak for vann og avløp. Omfanget av arbeid som må gjøres på eksisterende infrastruktur er uklart og overslaget for disse arbeidene er usikkert. Mer detaljerte beregninger er vist i vedlegg 4. I Tabell 6-1 Kostnadsestimat for lokale sikringstiltak på Voss. vises estimerte kostnader for de ulike elementene som inngår i alternativet, avrundet til nærmeste hele million kroner.

Beskrivelse	Delsum kap.
Flommurer	53 000 000
Flomvoller	5 000 000
Overvannshåndtering.	53 000 000
Uspesifiserte kostnader	26 000 000
Entreprisekostnad	137 000 000
Prosjektering, prosjektadministrasjon, byggherrekostnader	19 000 000
forventede tillegg P50	17 000 000
Forventet prosjektkostnad P50	173 000 000

Tabell 6-1 Kostnadsestimat for lokale sikringstiltak på Voss.

Den estimerte prosjektkostnaden er det som forventes og den inneholder ikke reserver utover det som forventes i vanlige prosjektgjennomføringer.

Kostnadsoverslaget for overvannshåndtering er et grovoverslag. Kostnaden kan variere med $\pm 20\%$ av oppgitt pris. Infrastrukturelle omlegginger som følge av nytt VA-anlegg er ikke tatt med i dette overslaget. Andre infrastrukturelle kostnader, for eksempel fiber- og el-trasè etc., knyttet til etablering av overvannsanlegg er ikke tatt med i denne kalkylen.

Det presiseres at dette er en tilleggskostnad som må utredes nærmere. Kostnad med eventuell avløpshåndtering i privatboliger som følge av tilbakeslag under scenario 2 er ikke tatt med i denne kalkylen. Dette må utredes i en eventuell detaljprosjektering. Grøftekostnad for drengroft bak flomverk er inkludert i kostnadskalkyle for konstruksjons-delen av etablering av flomverk [31].

6.3 Lokale flomsikringstiltak Evanger

6.3.1 Overordnet utforming flomverk Evanger

Ved Evangervatnet er det er bare vurdert flomsikring av Evanger. Annen bebyggelse ved Evangervatnet som ligger på kote 14,7 eller lavere vil også ha behov for at det gjøres tiltak dersom de ikke skal utsettes for flom i fremtiden. Dette er ikke vurdert.

Evanger er et lite sted med en tydelig og historisk bystruktur. Kote 15,2 er såpass høyt at en permanent flommur i denne høyden vil bli et arkitektonisk og visuelt element som bryter med skalaen i tettstedet. Vi har tegnet opp linjeføringen for muren etter de samme prinsippene som Voss ved å følge terrenget og legge oss tett inntil bygg, og holde viktige siktlinjer utover Evangervatnet og allmenningen åpen. Videre er muren foreslått begrenset til å omringe den gamle bystrukturen. Ved å bygge en flommur vil Evanger beholde sin plassering i og tilknytning til terrenget, men muren vil stå som en barriere mellom bebyggelsen og landskapet.

Det som tidligere var en bukt eller våg ble fylt ut på 1900-tallet, og det ligger i dag næringsbygg på denne fyllingen. Næringsområdet har allerede løsrevet seg fra landskapskarakteren og representerer en type utvikling som ble vanlig utover 1900-tallet.

De nyere industribyggene mot nord foreslås sikret ved at terrenget heves og at det bygges nye bygg oppå.

For å sikre Evanger mot flom over denne høyden må mobile flomverk benyttes.

Overgangen mellom det gamle sentrumet med muren og det nye næringsområdet kan løses ved at det dannes et amfi og rampe i sørsiden av fyllingen langs Bjørgåsvegen. På arealet der det er parkeringsplass og bort mot Knute Nelson gata kan det anlegges et torg med trær og dekke i høy kvalitet der fotgjengere deler arealet med bilister som skal videre opp Bjørgåsvegen slik det er vanlig i flere bysentra.

Tilsvarende som for muren på Voss vil det være behov for å ha åpning i murene for å tilrettelegge for både kjøretøy og persontransport i normal situasjonen. I åpningen tilrettelegges det for montering av mobile bjelkestengsel i en flomsituasjon.

Disse lokale flomtiltakene gjør at det blir nødvendig med tiltak for overvannshåndtering bak murene. For Evanger betyr det blant annet at det vil komme to pumpehus, med behov for en bred sone utenfor for tilkomst med servicebil etc. Se illustrasjon 56816001-LARK-101-A-00 og 56816001-LARK-102-A-00.

6.3.2 Teknisk beskrivelse flomsikringsmur og mobile flomverk Evanger

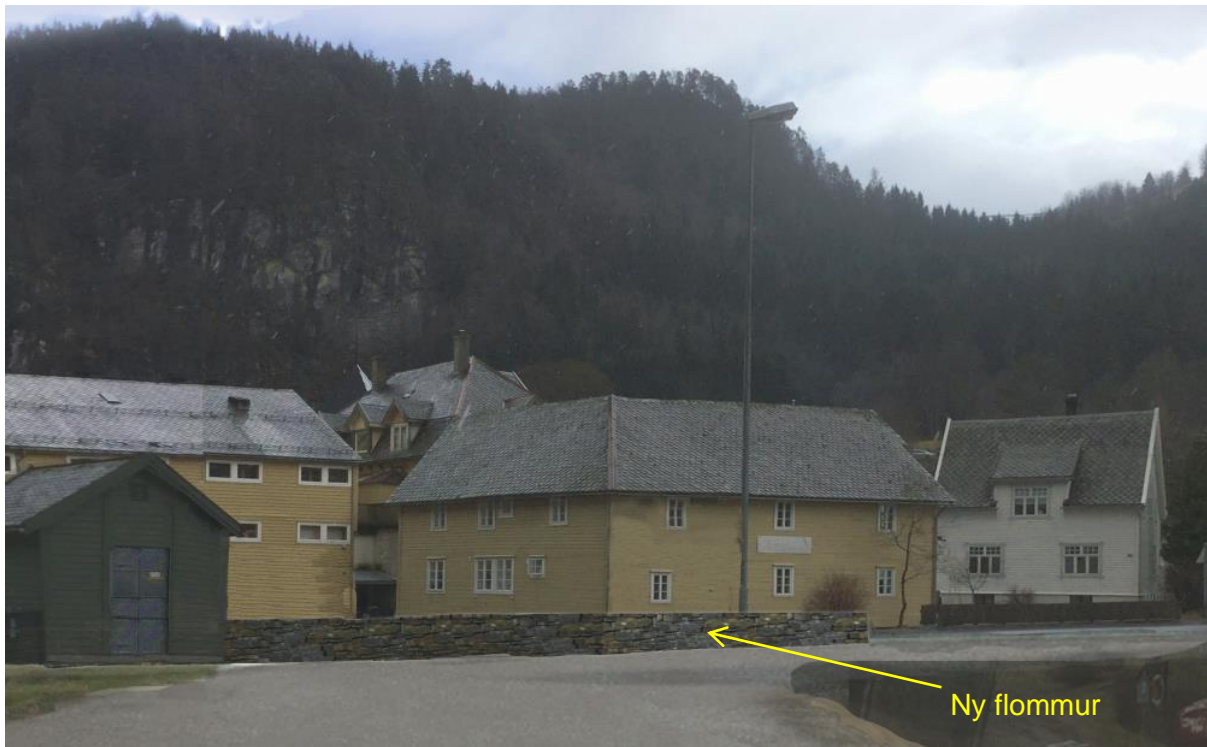
Murene fundamenteres på løsmasser, ca. 1,5 m under terrengnivå på et avretningslag bestående av grus/pukk, og omfylles av drenerende masser opp til terrengnivå. Basert på terrengnivået vil fundamenteringsdybden variere lokalt. For å redusere vannføringen under muren slås det ned en spunt til 3 meters dybde under hele murens lengde. Spuntveggen forankres i murens såle. Drenasjerør legges rett bak bakre ende av sålen for å unngå at det opparbeides poretrykk bak spuntveggen.

Muren består av en 1,5 m bred såle og vegg med tykkelse som varierer fra 0,3 m til 0,5 m, avhengig av om muren skal ha mobilt bjelkestengsel på toppen eller ikke.

Topp av mur varierer for de ulike seksjonene. For alternativ 2 blir topp av mur og mobilt bjelkestengsel på kote 15,2 for å sikre 0,5 m overhøyde for flomvannstanden. For alternativ 7 blir topp av mur og mobilt bjelkestengsel på kote 14,0 for å sikre 0,5 m overhøyde for flomvannstanden. Der hvor muren krysser veg blir muren over terreng erstattet med mobile bjelkestengsler. Sideføringene for bjelkestengselet støpes inn i tilstøtende ende i ordinær mur. Det bygges et mindre lagerbygg ved siden av åpningen for å lagre bjelkestengsler.

Ved industriområdet blir det mur uten mobilt bjelkestengsel opp til kote 15,2 og kote 14,0 for henholdsvis alternativ 2 og 7. Terrenget på industriområdet heves tilsvarende til topp av mur.

Langs elven blir muren fundamentert i elveleiet slik at det blir behov for erosjonssikring av sprengstein i tåen. Topp mur blir på kote 14,0 og terrenget bak muren heves til kote 13,0 for begge alternativene. For alternativ 2 skal det legges opp til mobilt bjelkestengsel på toppen av muren opp til kote 15,2.



Figur 6-3 Fotomontasje av mulig flomsikringsmur på Evanger. Åpningen i muren må tettes med mobile flomverk (bjelkestengsler) ved flom.

6.3.3 Heving av terreng Evanger

Bebyggelsen på Evanger ligger lavt i forhold til elva og er utsatt for oversvømmelse ved flom. Det er knyttet en del utfordringer til drift og vedlikehold av flomverk som består av mobile bjelkestengsler i stort omfang. Et forslag for å sikre Evanger er en kombinasjon av heving av terreng og flommurer med mobile bjelkestengsler opp til dimensjonerende vannstand pluss fribord.

Den nordre delen av Evanger sentrum, nord for Bjørgåsvegen, er etablert på sprengsteinsfylling, fra byggingen av Evanger Kraftverk. Denne fyllingen er så permeabel at det vil være krevende å tette den med flomverk som beskrevet ovenfor og det er derfor forutsatt å heve terrenget til flomsikkert nivå for hele dette området. Det betyr at en må ta ned de bygningene som er der i dag og sette opp nye etter at terrenget er hevet. Tanken er å bruke tunnelstein fra utsprengning av tunnelene til dette. Oppfyllinga og bygging av nye bygg kan med fordel gjøres i flere omganger slik at en unngår driftsavbrudd for de som driver virksomhet i området.

Evanger sentrum er et lite tettsted og drift og vedlikehold av mobile flomverk kan by på utfordringer med et så lite befolkningsgrunnlag. Det er mulig å heve også den gamle delen av Evanger sentrum opp til flomsikkert nivå ved hjelp av tunnelmasser. Dette er imidlertid ikke lagt til grunn i denne omgang.

Overvannshåndtering er beregnet til 12 mill NOK og murer og heving av terreng/flytting av bygninger på industriområdet er beregnet til 101 mill NOK. Kostnadene er inkludert i kostnadsoverslagene for vann i vassdraget og vann ut av vassdraget.

6.4 Håndtering av overvann ved etablering av flomverk

Som følge av etablering av flomverk rundt deler Voss sentrum og Evanger vil dette påvirke overvannssituasjonen og det eksisterende VA-nettet i området. Avrenningsmulighetene for overvann blir begrenset av flomverk og av høy vannstand under flom. Oppstuvning av overvann kan gi store skader på eksisterende infrastruktur. Det er derfor viktig å opprettholde et fungerende overvannsnett spesielt under ekstreme vær-situasjoner.

Etablering av flomverk har konsekvenser for eksisterende VA-nett og annen infrastruktur som ligger i grunnen. Disse vil komme i konflikt med fundament av flommur eller flomvoll. I tillegg vil det ved en flomsituasjon føre til tilbakeslag i VA-nettet for spillvann og overvann som ligger utenfor flomverk dersom det ikke utføres tiltak.

Følgende scenarier for vann, avløp- og overvannshåndtering er lagt til grunn for området rundt Voss sentrum og Evanger:

Scenario 1: En 200-års nedbørshendelse med 40% klimapåslag uten flom i vassdraget

Scenario 2: En 2-års nedbørshendelse med 40% klimapåslag med en 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag i vassdraget.

I begge scenarier er det som mål å minimere tilføring av overvann fra dalsidene rundt Evanger og Voss sentrum.

Under en nedbørshendelse vil overvann føres ned mot sentrum fra terrenget i dalføret og stoppes av flommur. Bekker er per i dag lagt i rør på en rekke lokasjoner rundt Voss sentrum, i tillegg er veger oppover dalsidene med på å avskjære overvannet nedover fjellet. Rundt Vangen vil derfor ikke overflateavrenningen affekteres i særlig grad av flomverket, men på østsida av Vosso ved Haugamoen vil flomverket i stor grad påvirke avrenning av overvann. På Evanger vil overvannet føres til sentrum via Bjørgåsvegen og områdene øst for sentrum for deretter å hindres av flomverk før avrenning til Evangervatnet.

For å begrense overflateavrenning ned til Haugamoen må det iverksettes tiltak som avskjærer overvannet langs fjellsida rundt østsida av Haugamoen. Grunnet avrenningsområdets topografi må det utføres flere tiltak for å fange opp overvannet fra fjellsida. Dimensjonerende nedbør for avskjæringstiltak er scenario 1. [31]

Ved Evanger sentrum bør det utføres tiltak for å avskjære overvannet fra boligfeltet over Bjørgåsvegen som renner gjennom sentrum.

Håndtering av scenario 1 utføres med selvfall hvor overvann føres til passende lavbrekk der det blir oppsamlet og ført ut i elv. I lavbrekket blir overvannet samlet i et mottaksreservoar og ført gjennom flomverk i rør med tilbakeslagsventil. Begrensing av overvann med tilrenning fra dalsidene utføres med avskjæringsgrøfter eller oppgradering av eksisterende bekker lagt i rør.

Håndtering av scenario 2, nedbør og innlekking ved flom, utføres med en kombinasjon av selvfall for overvann til lavbrekk bak flomverk og pumping gjennom flomverk ut til vassdraget. Ved etablering av pumpe-stasjon er det viktig å tilse at det er robuste tilkomstveger som ikke forringes ved ekstremværsituasjoner.

Eksisterende overvannsledninger med utløp i Vosso bør oppgraderes i så måte at overvannsrøret er tett til over kote +51 inkludert trykk for friksjonstap for å hindre tilbakeslag av vann opp til overflate terreng bak flomverk i et flomsenario. I tillegg bør det etableres grøftestengsler ved kote +51 for å hindre unødig vanninntrengning bak flomverk. Det bør etableres flomveier eller avrenningsgrøfter mot pumpe-stasjon fra eksisterende overvannskummer der vann går i overløp til terreng i flomsituasjon.

I lavbrekket etableres det et mottaksreservoar med pumper som kan pumpe overvannet fra mottaksreservoaret og gjennom flomverket. Dette prinsippet benyttes også i Evanger sentrum.

Pumpeløsningen bør bestå av stasjonære og mobile pumper av ulik dimensjon etter behov. Områder med mindre tilrenning under flom kan benytte mobile pumpeløsninger som pumper vann over eller gjennom flomverk. Det er tre lavbrekk bak flomverk som har en vannføring på mindre enn 400 l/s fra sine nedbørsområder, i disse områdene er det anbefalt ut ifra et kost-nytte perspektiv å bruke mobile pumper. [31]

Ved etablering av pumpestasjon er det viktig å tilse at det er robuste tilkomstveger som ikke forringes ved ekstremværsituasjoner. Pumpene er tenkt å drives på strøm med mulighet for påkobling av dieselaggregater som reserveløsning ved eventuelle strømbrudd.

Det må utføres tiltak på avløp- og spillvannsnett i områder der flomverk skal etableres. Eksisterende grøftetraseer er fylt med permeable masser som dermed fungerer som vannveg for vann inn bak flomverk. I disse traséene etableres det grøftestengsel for å hindre unødig innlekking av vann bak flomverk. Avløp- og spillvann som krysser flomverk direkte vil ha tett gjennomføring og har derfor ikke behov for grøftestengsel. For gjennomføringer eller for andre rørtraséer der flom til kote +51/+14,7 vil føre til tilbakeslag og oversvømmelse i boliger, bør det etableres manuelle ventiler eller tilbakeslagsventiler med tilhørende lokal pumpe som sikres drift under flom. Rørtraseer som er på flomside av flomverk bør utføres i tette rør for å hindre at unødig overvann kommer inn på avløpsnettet som går til renseanlegg.

Omliggende infrastruktur i grunnen er ikke tatt med som faktor for gjennomførbarhet og kostnadsvurdering, men det presiseres at dette må inkluderes i en fremtidig detaljprosjektering.

6.5 Vurdering av konsekvenser

6.5.1 Hydrologi og hydraulikk

Vosso gjennom Voss sentrum må sikres mot store erosjonsskader dersom tunnelene oppstrøms Voss sentrum ikke blir realisert. Maksimal vannføring i Vosso oppstrøms Vangsvatnet er ca. 1200 m³/s for en 200-årsflom og ca. 1700 m³/s for en 200-årsflom i et framtidig klima [34]. Til sammenligning opplevde vi erosjonsskader ved en vannføring rundt 950 til 1050 m³/s under flommene i 2005 og 2014.

Vannstanden og vannhastigheten gjennom Voss sentrum øker noe dersom flomverkene, langs elva, etableres [13]. Økt vannstand er hensyntatt i høyden på flomverkene. Økt vannhastighet gir ikke behov for økt erosjonssikring langs elvebreddene.

6.5.2 Hydrogeologi

Løsmassene på Voss består av sand og grus. Dette er permeable masser, med god vannledningsevne. Det er derfor en viss fare for at vann, selv med tett voll ned i bakken, kan strømme fritt gjennom massene og komme opp et godt stykke (flere meter) innenfor flomvollene.

Observasjoner på Evanger tyder på at løsmassene er så grove at grunnvannstanden følger vannstanden i Evangervatnet. Se [30].

Løsmassenes sammensetning medfører at det prosjekteres med en tett kjerne under flomvollen for å redusere gjennomstrømningsmengden. Effektiviteten av kjernen for å redusere gjennomstrømningen er påvirket av kjernedybde, terrengforhold, flomvannstand, hydraulisk konduktivitet og lagdeling.

Basert på modelleringsresultatene skal det være mulig å etablere flomvoller så lenge man klarer å pumpe unna vannet på baksiden av flomvollene. Dette vannet vil bestå av nedbør pluss lekkasje under flomvollen som samles i dreneringsgrøftene på baksiden av vollene.

Ifølge simuleringene er gjennomstrømningsmengdene i Voss Sentrum 0,02 til 0,16 m³/s per 100 m flomverk med en 2 m dyp kjerne. For 4 km med flomverk, er gjennomstrømningsmengden 0,7 til 6,3 m³/s. Den store variasjonen i gjennomstrømningen skyldes trykkforskjellene pga ulike terrengprofil.

Tiltakene er nærmere vurdert i den hydrogeologiske rapporten [30].

Etablering av en flomvoll må ikke innvirke på grunnvannstrømmen mot brønnene på Prestegardsmoen (Voss vannverk) eller på vannkvaliteten. Den må heller ikke fungere som sperre for grunnvann som ellers vil drenere tilbake til elva (Vosso) eller innsjøen (Vangsvatnet / Evangervatn). Dette har vært vurdert, men må studeres grundigere før utførelse ut ifra grunnvannstand, hydraulisk konduktivitet og grunnvannets strømningsmønster i området bak flommuren.

For å redusere usikkerheten rundt oppadrettet grunnvannstrømning, anbefales det at det installeres vannstandsloggere i noen brønner på Vossevangen for å se om det er en direkte sammenheng mellom vannstanden i Vangsvatn, Vosso og vannivået i brønnene. Det anbefales vannstandsloggere i brønnen på Evanger og i Evangervatn også. Loggingen bør som et minimum foregå i et tidsrom der man forventer enten en vår- eller en høstflom.

6.5.3 Vannforsyning, avløp og overvannshåndtering

Etablering av flomverk har konsekvenser for eksisterende VA-nett og annen infrastruktur som ligger i grunnen. Disse vil komme i konflikt med fundament av flommur eller flomvoll. I tillegg vil det ved en flomsituasjon føre til tilbakeslag i VA-nettet for spillvann og overvann som ligger utenfor flomverk dersom det ikke utføres tiltak.

Vannledninger blir mindre berørt da disse er tette og under trykk. Overvann håndteres som beskrevet i kapittel 6.3.2. Ved et fungerende overvannsanlegg vil ikke overvann forulempe øvrige områder bak flomverk.

Det må utføres tiltak på avløp- og spillvannsnnett i områder der flomverk skal etableres. Ved flom, til kote +51 på Voss og kote +14,7 på Evanger, vil vann fra Vosso føres gjennom permeable masser og utette rør og føre til tilbakeslag i området bak flomverk. Eksisterende grøftetraseer er fylt med permeable masser som dermed fungerer som vannveg for vann inn bak flomverk. I disse traséene etableres det grøftestengsel for å hindre unødig innlekking av vann bak flomverk.

Avløp- og spillvann som krysser flomverk direkte vil ha tett gjennomføring og har derfor ikke behov for grøftestengsel. For disse gjennomføringene eller for andre rørtraséer der flom til kote +51/+14,7 vil føre til tilbakeslag og oversvømmelse i boliger, bør der etableres manuelle ventiler eller tilbakeslagsventiler med tilhørende lokal pumpe som sikres drift under flom. Rørtraseer som er på flomsiden av flomverk bør utføres i tette rør for å hindre at unødig overvann kommer inn på avløpsnettet som går til renseanlegg.

Ved flomsituasjon for Q200+klima vil pumpestasjon ved Prestegardslandet oversvømmes og spillvann vil gå til overøp i Vangsvatnet. I tillegg vil renseanlegget arbeide på maksimal

kapasitet grunnet tilførsel av overvann og spillvann. Ved 200-årsflommen i 2014 taklet renseanlegget en slik påkjenning. Det må utredes i en eventuell detaljprosjektering om renseanlegget må oppgraders for fremtidige flommer.

For spillvannet som går i overløp i pumpeasjonen er det opplyst fra kommunen at Vangsvatnet en stor nok resipient til at spillvannet vil være uttynnet nok til at det ikke vil medføre større helserisiko for innbyggere i området eller nedstrøms områder.

For håndtering av avløpsnett på i Evanger sentrum bør slamavskiller og tilhørende tilførselsnett ligge bak flomverk. Eksisterende slamavskiller har i dag utløp i Evangervatnet. Ved etablering av slamavskiller bak flomverk kan utløp fra denne pumpes gjennom flomverk og ut i resipient. Det bør etableres tilbakeslagsventil på dette utløpet.

6.5.4 Naturmiljø

Flomverkene som foreslås på Voss og Evanger, samt heving av industriområdet på Evanger, påvirker ikke kjente naturverdier da de i all hovedsak etableres på allerede opparbeidet mark. Eventuelle påvirkninger fra disse tiltakene må utredes i senere fase.

En strekning på ca. 650 mellom Vosso og Gjernesvegen skal erosjonssikres. Spesielt den øvre delen av strekningen har godt etablert kantvegetasjon som vist i figur 6-4. For å kunne etablere erosjonssikringen må store deler av kantvegetasjonen fjernes. Det vil, som vist i tegninger i vedlegg 3, legges til rette for naturlig revegetering slik at kantvegetasjonen over tid etablerer seg på nytt. Det vil være mulig å hjelpe oppstarten av revegetering ved innplanting av mindre trær. Det anbefales å ta vare på noen trær for mellomlagring, som plantes ut igjen ved endt arbeid.

Det vil være behov for noe graving i foten av sikringen, noe som delvis vil komme i direkte konflikt med elveløpet. Dette vil kunne skape en del tilslamming nedstrøms ved etablering. Tidspunkt på året for gjennomførelse bør vurderes for å minimere skade på eventuelle gytegrøper nedstrøms.

Erosjonssikring i seg selv er sjelden positivt for fisken. Elvekanten blir låst og de naturlige prosessene stopper opp, noe som ofte fører til at elva graver i elvebunnen og ikke i elvekantene. Den aktuelle strekningen er delvis sikret i dag også, slik at situasjonen for fisk vil trolig komme tilbake til dagens nivå når kantvegetasjonen har etablert seg på nytt.



Figur 6-4 Vosso sett nedstrøms fra brua på Rv13. Tydelig etablert kantvegetasjon der det foreslås erosjonssikring.

6.5.5 Landskap

Flomverk Voss og Evanger?

Flomverkene på Voss og Evanger vil utgjøre nye barrierer i sentrumsstrukturen. Det er viktig at siktlinjer og ganglinjer opprettholdes i størst mulig grad. Flomverkene og pumpehusene må få en utførelse som gir dem en forankring lokalt, gjerne med lokal materialbruk og en viss smidighet slik at de kan inngå som en integrert del av byen. Samtidig vil flomverkene være en del av fortellingen om Voss og Evanger sin historie og lokalisering langs en viktig vannvei.

Langs Gjernesvegen er vurderingen at den beste måten å sikre på er ved plastring. Det er viktig for miljøet i Voss at denne bredden utformes med omtanke for hvordan den kan inngå som en hyggelig del av elvepromenaden, og ikke bare en teknisk sikring av bredden. Plastring langs Gjernesvegen bør detaljprosjekteres slik at det velges stein og innfesting som vil gi et best mulig uttrykk egnet for en urban bredd, og minst mulig teknisk og industriell utforming. Det bør vurderes om plastringen kan integrere gangvei og sitteplasser, og hvordan steinen kan legges slik at stedegen vegetasjon kan etablere seg langs bredden.

Forslaget om heving av terrenget på Evanger er en radikal måte å sikre området for flom som ikke er brukt i særlig grad i Norge. Høydeforskjellene vil være med å danne en barriere i form av avstand mellom landskapselementer som naturlig hører sammen. Samtidig er utfylling i vann en vanlig brukt metode for å utvide landareal og bli kvitt overskuddsmasse, og næringsområdet på Evanger ligger allerede på en slik utfylling. Kapasiteten og tålegrensen for når en slik utfylling blir for høy er ikke tydelig definert. Igjen kan denne type fylling være med å fortelle om viktigheten av flomsikring, men også viktigheten av å opprettholde eksisterende funksjoner på de samme stedene.

De lokale flomtiltakene gjør at det blir nødvendig med en rekke tiltak for overvannshåndtering bak murene. For Voss sentrum betyr det blant annet at det vil komme ca ti pumpehus, med behov for en bred sone utenfor for tilkomst med servicebil etc. Se illustrasjon 56816001-LARK-103 og 56816001-LARK-104

For Evanger betyr det blant annet at det vil komme to pumpehus, med behov for en bred sone utenfor for tilkomst med servicebil etc. Se illustrasjon 56816001-LARK-101 og 56816001-LARK-102.

6.5.6 Kulturminner/kulturmiljø

Vossevangen og Prestegardsmoen utgjør et stort og komplekst kulturlandskap med mange kulturminner og -miljø fra ulike tidsperioder. I DIVE-analysen som ble utarbeidet av Voss kommune og Asplan Viak i 2018, trekkes blant annet Vangskyrkja fra 1277 med sin middelalderkirkegård, Olavskrossen, eldre bygårder langs Vangsgata og trehusbebyggelse på Lekvemoen frem som eksempler på verdifulle kulturminner som bør vises særskilt hensyn. Videre er også siktlinjer, større elementer som veifar, samt selve tettstedstrukturen og byplanen for Voss bevaringsverdig, som et godt eksempel gjenreisningsarkitektur etter bombingene av Voss i 1940. Voss sentrum er vernet og registrert i Riksantikvarens database over «Nasjonale interesser i by». Inngrep som berører grunnen i mange deler av Voss sentrum, særlig i nærheten av kirkegården eller Olavskrossen, vil med høy sannsynlighet møte krav om dispensasjon og arkeologiske undersøkelser.

Evanger er et kirkested fra gammelt av, og kirkestedet er trolig eldre enn 1330 ifølge registrering i Riksantikvarens database Askeladden (ID 84105). Senere vokste Evanger frem som skysskiftestasjon og gjestgiversted langs postveien som gikk med dampbåt hit fra Bolstad, og fikk jernbanestasjon da Vossebanen åpnet i 1883. Nesten alt av bebyggelse i Evanger utenom kirken brant ned til grunnen i 1923, og dagens ungdomstilbebyggelse stammer derfor i all hovedsak fra årene etter dette. Miljøet i Evanger sentrum har likevel et godt definert sentrumspreget med gater og kvartalsstruktur, og er «eit svært verneverdig miljø» ifølge Voss kommune sin kulturminneplan fra 2004. De sentrale delene av Evanger sentrum er vernet med hensynssone etter plan- og bygningsloven i Voss sin kommuneplan fra 2015.

Den nåværende Evanger kirke er fra 1851. Kirken er listeført, mens grunnen den står på og kirkegården er automatisk fredet. I henhold til Kulturminneloven er det ulovlig å tildekke et automatisk fredet kulturminne (jf. Kulturminneloven § 3), og heving av kirkegården er ikke forenlig med bevaring.

Både flomsikringsmur og heving av terreng vil være problematisk sett opp mot Evanger som kulturmiljø. Utfylling av bukten med næringsområdet har tidligere forrykket de historiske og landskapsmessige sammenhengene, ved å bryte sammenhengen mellom den gamle bystrukturen og vannet. Heving av dette området vil svekke forståelsen og lesbarheten av kulturmiljøet ytterligere. En permanent flommur i den høyden som er foreslått vil bli et arkitektonisk og visuelt element som bryter med skalaen i tettstedet, og ytterligere hindrer den historiske sammenhengen mellom tettstedet og Evangervatnet. Forblending med naturlig stein fra området vurderes som et godt avbøtende tiltak.

Uansett valg av løsning, vil det være viktig å opprette dialog med vernemyndigheter, kommune og lokalsamfunn i god tid, for å sikre for å sikre at en eventuell løsning blir mest mulig skånsom med tilpasning til kulturverdiene på Evanger og på Voss.

7 Deponier, transport og anvendelse av stein

Det er lagt til grunn i utredningene at alle masser skal kjøres til Bømoen eller Evanger. På Bømoen skal massene brukes til å fylle opp et område for mulig framtidig bruk andre steder. Dette er et premiss som kommer fra Voss kommune. En slik framgangsmåte vil representere store kostnader til transport for prosjektet og store utslipp av klimagasser. Samtidig som det vil være ønskelig med minst mulig massetransport, er det ikke ønskelig å deponere massen langs de vernetede vassdragene, i høyfjellsområder med høy bruk og landskapsverdi eller dalfører med intim skala og kulturlandskap. Samtidig er det andre tiltak i området som vil generere store mengder overskuddsmasse. Det anbefales at deponering av overskuddsmasse vurderes grundig og om mulig i sammenheng med de andre tiltakene i området. Deponiområder bør også ses i sammenheng med plassering av tverrslag slik at massene kan kjøres med dumper og tippes direkte i tipp utenfor tunnelene.

Det er generelt store usikkerheter knyttet til massetransport på eksisterende veg. Det vil i alle tilfeller være behov for dialog med vegmyndighet og vegeier for denne type transport på vegnettet. For alle nye eller endrete avkjørslar må det søkes om avkjørselstillatelse. Transporten vil få stor påvirkning på nærmiljø i anleggsperioden, og vil bli krevende for omgivelsene. Det er ikke gjort vurdering av tilstand og/eller utbedringsbehov på offentlig veg. Kun de tilkomstene som er vurdert som nødvendig og gjennomførbare er medtatt i kapitlet, inntak som ikke er omtalt vil få tilkomst via tunnelen i anleggsfasen.

For å sprengne tunneler må man bruke mye sprengstoff og steinen blir derfor mer oppmalt enn stein fra et steinbrudd i dagen. Sprengsteinsmasser inneholder derfor mer finstoff og lite stor stein. Den er derfor mest egnet til fyllmasse og ikke til overbygning i veier, muring eller noe annet spesifikt formål. Til gjengjeld kan all steinen brukes til å fylle opp byggetomter, underlag for veier, etc.

8 Forslag til videre arbeid

8.1 Hydrologi

Kvaliteten på hydrologiske data generelt er vurdert som meget god i vassdraget. Likevel er det behov for å hente inn mer hydrologisk data for å bedre forstå fordeling av vannet i vassdraget. Forslag til supplerende hydrologiske målinger er listet nedenfor i prioritert rekkefølge:

- Lønnavatnet – Har vannstandslogger, men ikke vannføringskurve foreløpig. Vannføringsdata herfra er viktig for å bedre forstå bidraget fra Strandaelvi og vannføring gjennom Voss sentrum. En vannføringskurve for utløp Lønnavatnet bør etableres.
- Eggjareir- fordeling i Raundalselvi. Foreløpig er denne arealskalert, men bør ses nærmere på om denne tunnelen skal utredes. Stedlige målinger av vannstand/vannføring kan være aktuelt.
- Logger er etablert i Evangervatnet, vannstandskurve er under utvikling.
- Samløp Vinjedalselvi (fra Oppheimsvatn) med Strandaelvi fra Myrkdalsvatn. Om en tunnel skal vurderes herifra, bør bidraget fra Oppheimsvatn fastsettes. Vannstandslogger i Oppheimsvatn og vannføringskurve for utløpet bør etableres.
- Vannstandslogger og vannføringsmåling bør etableres ved Starnes.
- Vannstandslogger og vannføringsmåling bør etableres ved utløpet av Bordalselvi.
- Vannstandslogger og vannføringsmåling bør etableres ved Eggjareir (bedre kunnskap om fordeling i Raundalselvi).

Data fra de foreslåtte stasjonene kan også brukes til flomvarsling, overvåkning og vurdering av effekten av eventuelle tiltak som vil bli bygd.

8.2 Hydraulikk

Vi har mye bra grunnlagsdata for å modellere vassdraget. Hydrologien er vurdert som meget god, likeså innmålt terrengdata. Vi har en god del kalibreringsdata tilgjengelig. Vi ser likevel behov for mer detaljerte flomdata både i Strandaelvi og Raundalselvi. Mer kalibreringsdata vil også bidra til ytterligere forbedring av modellen. For å gi en fullverdig vurdering av flomforholdene i Strandaelvi og Bolstadfjorden ut til Stamnes, bør modellen suppleres både med hydrologiske data og terrengdata.

Kalibreringsdata er tilgjengelige for de fleste strekningene. Mer kalibreringsdata med god nøyaktighet vil bidra til ytterligere forbedring av modellen.

Det topografiske grunnlaget er godt de fleste stedene. Det mangler data i Strandaelvi oppstrøms utløpet av Lundervatn. Det mangler elvebunndata i Strandaelvi, oppstrøms Palmafossen i Raundalselvi, noen strekninger i Vosso og i Bolstadfjorden. Det anbefales å samle inn bunndata på disse strekningene.

Styringskriterier for lukene påvirker resultatene, det vil si ved hvilken vannstand/vannføring de åpnes og hvor mye. Optimalisering av lukestyring bør tas med videre i detaljprosjektering.

8.3 Ingeniørgeologi

Anbefalte supplerende grunnundersøkelser:

- **Refraksjonsseismikk** på land og i vann (innsjø og elv). Metoden er ansett som relativt sikker på bestemmelse av løsmassemekthet og vurdering av bergkvalitet.
 - I vann: Skjelde, Sætre, Hellesnes, Ænsstraumen, Palmafoss, Horveid, Bolstadøyri, Evangervatnet, Moavatnet og Granvinsfjorden.
 - På land: 2 steder ved Horveid over tunneltrase 6-9 for kontroll av løsmassemekthet og bergmassekvalitet, over tunneltrase fra inntaket ved Ænsstraumen.
- **Fjellkontrollboringer:**
 - Kontroll bergoverdekning over inntakstunneler og tverrslag Palmafoss (tunnel 6-3).
 - Kontroll bergoverflate ved utløp Bolstadøyri over tunnellop 6-9.
 - Kontroll bergoverflate for inntakstunneler og tverrslag ved Ænsstraumen for tunnel 6-14, kontroll bergflate ved tverrslag Ringheim og tverrslag Hellesnes for tunnel 6-14, kontroll av bergoverdekning på land over utløpstunneler ved utløp Hellesnes for tunnel 6-14.
 - Kontroll løsmassemekthet på land ved inntak Nesheim, Over tverrslagstunneler Bjørke og over tverrslag Granvin for tunnel 6-2. Kontroll av løsmassemekthet for Bjørke og tverrslag Granvin gjelder for tunnel 6-19.
 - Kontroll bergoverdekning over tunnel 6-6 ved kryssing markerte daler kan vurderes nærmere.
- **Prøver av representative bergarter for laboratorieundersøkelser.** Metoden brukes for å sjekke styrkeparametere og egnethet til vegbygging (det er ikke utført prøvetaking for dette).

Det henvises til ingeniørgeologisk rapport for forprosjekt [28].

8.4 Geoteknikk

Der det ikke er utført grunnundersøkelser i denne omgangen, foreslås å utføre grunnboringer med geoteknisk borerigg. Områder befares først for å vurdere behov for grunnundersøkelser. Det anbefales å utføre grunnundersøkelser ved tunnelinntakene på Lønvatnet og Nesheim. Tunnelen bak Voss sentrum skal drives fra tverrslag på Gjerde og Hellesnes. Det anbefales å utføre grunnundersøkelser ved disse tverrslagene. Eventuelt behov for grunnundersøkelser skal vurderes etter befaring ved tverrslagene Bjørke og Nesbøen og inntak Urland. Dykket utløp er planlagt i Granvinfjorden. Området anses bratt og derfor er det ikke behov for grunnundersøkelser.

8.5 Hydrogeologi

Tunneler:

Det er nødvendig å ta en gjennomgang av vannforsyningen i området i forkant av tunnel-drivingen, for å fange opp brønner som ikke er registrert eller er registrert på feil plass. Dette vil også gjelde energibrønner.

Det vil være behov for vurdering av innlekkasjekrav for tunnelene med tanke på brønner, setninger, sårbare naturområder osv. For de overordnede hydrogeologiske vurderingene, er det benyttet en influenssone på 300 m ut fra tunneltraséen. Samme influenssone er benyttet for alle tunnelalternativene. Det vil derfor være nødvendig med en mer detaljert vurdering av influenssonens størrelse når endelig tunneltrasé er valgt.

Lokale flomsikringstiltak:

For å redusere usikkerheten rundt oppadrettet grunnvannstrømning, anbefales det at det installeres vannstandsloggere i noen peilebrønner på Vossevangen for å nærmere vurdere sammenhengen mellom vannstanden i Vangsvatnet, Vosso og vannivået i brønnene. Det anbefales også vannstandsloggere i brønnen på Evanger og i Evangervatn. Loggingen bør som et minimum foregå i et tidsrom der man forventer enten en vår- eller en høstflom.

Etablering av spunt under flomvollene må ikke innvirke på grunnvannstrømmen. Dette må vurderes nærmere ut ifra grunnvannstand, hydraulisk konduktivitet og grunnvannets strømningsmønster i området bak flommuren.

8.6 Miljø

Det må på generelt grunnlag gjennomføres en konsekvensutredning av de ulike alternativene. Det må gjøres en grundig vurdering av eventuelle konsekvenser av å føre vann over til et annet fjordsystem. Påvirkningen på fisk fra utløpene og inntakene til tunnelene må utredes, og eventuelle tiltak for å hindre oppvandring av fisk i tunnelene må vurderes. Forholdet til verneverdiene med tanke på verna vassdrag og nasjonalt laksevassdrag må også utredes ytterligere.

8.7 Landskap

Det må utføres en konsekvensutredning av de ulike alternativene, og landskapsvurderinger bør inngå i den videre prosjekteringen av løsningene.

Det må utarbeides et grunnlag med landskapsplan for rehabilitering av landskapet, og mest mulig sikring ved anleggsplassene lokalt av de delene av landskapet som ikke skal berøres av tiltakene.

Det bør utarbeides en formingsveileder. Så langt har tiltakenes tekniske egenskaper og løsninger stått i fokus, men de ligger i en befolket dal med et tradisjonelt kulturlandskap og mye trafikk, Tiltakene bør derfor få en utforming med gode visuelle og estetiske kvaliteter.

Tunnelalternativet fra Evangervatnet til Bolstadfjorden bør vurderes på nytt for å finne en løsning med betydelig mindre negativ landskapseffekt enn det foreliggende alternativet.

For utformingen av lokale tiltak på Voss, er tiltakene som er foreslått her ment som tiltak som kan iverksettes raskt. Etter hvert som Voss realiserer sin egen sentrumsvisjon kan de lokale flomtiltakene tilpasses denne. Det samme gjelder for Evanger.

I det videre arbeidet må også nærmiljø og friluftsliv involveres.

8.8 Kulturminner

Det må utføres en konsekvensutredning av de ulike alternativene for fagtema kulturarv. Vurderinger av kulturminner bør også inngå i den videre prosjekteringen av løsningene, på generell basis. Dette gjelder både med hensyn til å unngå direkte konflikt med automatisk fredete og andre kulturminner, og å tilpasse tiltak for å begrense indirekte og visuell forringelse av verdifulle kulturlandskap. En bør også se på avbøtende tiltak som kan veie opp for negative konsekvenser av tiltaket.

En viktig forutsetning for videre arbeid vil være å utføre undersøkelsesplikten (jf. Kulturminneloven §9), på de stedene der det er potensiale for funn av automatisk fredete kulturminner. Det er vurdert som sannsynlig at mange av lokalitetene for inntak, utløp og tverrslag vil måtte registreres arkeologisk, både i områdene som blir berørt av permanente inngrep, og i områder som berøres under anleggsgjennomføring. Det er viktig å begynne dialogen med vernemyndighetene i god tid, ettersom feltarbeid primært utføres i sommerhalvåret, og tar noe tid å planlegge. For mange av områdene antas det å kun dreie seg om et mindre arbeidsomfang og lav sannsynlighet for funn. Noen av lokalitetene hvor vi regner med krav om arkeologiske registreringer ligger under vann. Myndighet til å utføre arkeologiske registreringer og å gi dispensasjon fra fredning etter kulturminneloven ligger hos Fylkeskommunen, mens eventuelle marinarknologiske undersøkelser utføres av Bergens Sjøfartsmuseum.

Ved funn av automatisk fredete kulturminner vil en utløse krav om dispensasjon for de kulturminner som tiltaket kommer i konflikt med. Som oftest kan dispensasjon gis på vilkår om utgravning, men der det er mulig bør en i første omgang se på muligheter for å unngå konflikt med de automatisk fredete kulturminnene. Derfor kan det bli aktuelt å justere enkelte tiltak i etterkant av arkeologisk registrering, for eksempel når det gjelder veitilkomst på Skjelde.

Generelt vil det være viktig å opprette dialog med vernemyndigheter i god tid. Når det gjelder flomsikringstiltak på Vossevangen og Evanger bør vernemyndigheter, kommune og lokalsamfunn inviteres til å medvirke for å sikre at en eventuell løsning blir mest mulig skånsom med tilpasning til kulturverdiene på Evanger og på Voss.

8.9 Videre planlegging transport og tverrslag

Forutsetninga for planlegging til nå er at massene skal kjøres til Bømoen eller Evanger. I forhold til kostnader og utslipp er ikke dette noen god løsning. Kostnadene og utslippene kan i stor grad unngås hvis massene blir lagt i tipper i tilknytning til tverrslagene. Dette må utredes nærmere og en må da se på hvor massene kan deponeres sammen med hvor det er aktuelt med tverrslag. Dette vil gi den mest rasjonelle utlastinga og minimere transportbehovet. Eventuelt kan noe stein kjøres til konkrete samfunnsnyttige formål i nærområdet.

Videre planlegging av dette ligger til tiltakshaver, men det er viktig at det ses i sammenheng med hvor tverrslagene plasseres og ikke bare hvor det er ønskelig med stein.

9 Vedlegg

- Vedlegg 1 - Tegninger alternativ 2
- Vedlegg 2 – Tegninger alternativ 7
- Vedlegg 3 – Tegninger lokale sikringstiltak Voss
- Vedlegg 4 – Kostnadsestimat

10 Referanseliste

- [1] N. A. L. (red.), «Silingsrapport for valg av alternativ,» Sweco, Kristiansand, 2020.
- [2] D. Lawrence, «Klimaendring og framtidige flommer i Norge (NVE rapport 81-2016),» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016.
- [3] E. Holmqvist, «Flomberegning for Vosso (062.Z) Revidert juni 2015. (NVE rapport 56-2015),» NVE, Oslo, 2015.
- [4] E. Jjunju, K. A. Vaskinn og N. A. Loland, «Prosjektering av sikringstiltak mot flom i Vossovassdraget, Flomvurdering, Rapport nummer FLOMVURDERING,» Sweco, Trondheim, 2018.
- [5] W. Marchand og E. Jjunju, «56816001-RIHydro-NOT-037_01: Valg av flomvannføringsscenarier for tilsig fra delfeltene - grunnlag for hydraulisk modellering,» Sweco Norge AS, 2019.
- [6] E. Jjunju og K. A. Vaskinn, «Rekonstruksjon av vannføringsserier (timesverdier) i Vossovassdraget (NOTAT 56816001-RIHydro-NOT-022_01),» Sweco, Trondheim, 2019.
- [7] E. Jjunju og K. A. Vaskinn, «Nedbørsdata under flom i Vossovassdraget (NOTAT-RIHYDRO-038),» Sweco, Trondheim, 2019.
- [8] E. Jjunju, «56816001-RIHydro-RAP-001 Flomvurdering,» Sweco, 2018.
- [9] E. Jjunju og K. A. Vaskinn, «Valg av flomvannføringsscenarier for tilsig fra delfeltene - grunnlag for hydraulisk modellering (56816001-RIHydro-NOT-037_00),» Sweco, Trondheim, 2019.
- [10] E. Jjunju og K. A. Vaskinn, «Flomberegninger for Myrkdalsvatn, Oppheimsvatn og restfelt Strandaelvi (NOTAT-RIHYDRO-052),» Sweco, Trondheim, 2019.
- [11] K. Aurand og S. Vingerhagen, «HEC-RAS 2D Beregningsmodell, 56816001-RiVass-NOT-054_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [12] K. Aurand og S. Vingerhagen, «Oversikt over hydrauliske beregninger og vurderinger, 56816001-RiVass-NOT-060_00,» Sweco, 2020.
- [13] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Voss Sentrum, 56816001-RiVass-NOT-014_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [14] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Evangervatnet-Bolstad, 56816001-RiVass-NOT-015_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [15] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Evangervatnet, 56816001-RiVass-NOT-016_00,» Sweco, Kristiansand, 2020.
- [16] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Hohølen - Evanger, 56816001-RiVass-NOT-017_00,» Sweco, Kristiansand, 2020.
- [17] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Vangsvatnet - Hohølen, 56816001-RiVass-NOT-018_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.

- [18] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Bjørkemoen-Palmafoss, 56816001-RiVass-NOT-019_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [19] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Bolstadfjorden-Havet, 56816001-RiVass-NOT-035_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [20] S. Vingerhagen, «Vannlinjenotat Utløp Lundarvatnet, 56816001-RiVass-NOT-063_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [21] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Raundalen til Granvin, 56816001-RIVASS-NOT-036,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [22] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Strandaelvi og Raundalselvi til Granvin, 56816001-RiVass-NOT-042,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [23] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Vangsvatnet til Hardangerfjorden, 56816001-RiVass-NOT-043,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [24] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Vangsvatnet til Bolstadfjorden, 56816001-RiVass-NOT-044,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [25] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Vangsvatnet til Bolstadfjorden via Evangervatn, 56816001-RiVass-NOT-045,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [26] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Vangsvatnet til Evangervatnet eller Hohølen, 56816001-RiVass-NOT-046,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [27] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Tunnel fra Strandaelvi til Sognefjorden og Raundalselvi til Hardanger, 56816001-RiVass-NOT-050,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [28] S. Vingerhagen, «Flomsonerapport Voss Sentrum, 56816001-RiVass-RAP-061_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [29] S. Vingerhagen, «Flomsonerapport Evanger, 56816001-RiVass-RAP-062_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [30] S. Vingerhagen og K. Aurand, «Maksimal vannføring gjennom Voss sentrum, 56816001-RiVass-NOT-041_00,» Sweco Norge AS, Kristiansand, 2020.
- [31] F. Johannessen og B. Aagaard, «56816001-RII-RAP-032 Ingeniørgeologisk rapport til forprosjekt,» Sweco, 2020.
- [32] B. o. F.Johannessen, «56816001-RII-NOT-012, Konsekvenser av høye vannhastigheter,» Sweco, Trondheim, 2019.
- [33] S. Gaut og K. Aurand, «Hydrogeologiske vurderinger, Rapport 10203644_RIHG-RAP-011-A01,» Sweco Norge AS, 2019.
- [34] S. Hauglum og T. Hjellbakk, «Overvann- og VA-håndtering ved etablering av flomverk, dokumentkode: 56816001-VA-RAP-051_00,» Sweco Norge AS, 2020.
- [35] S. H. T. Hauglum, «Beregning - overvann og pumpekapasitet bak flomverk, dokumentnummer: 56816001-VA-BER-024_00,» Sweco Norge AS, 2020.
- [36] H. M. Kjellesvig, «Beregning av lukelengder inntak,» Sweco, Kristiansand, 2020.
- [37] Multiconsult, «Mogelegheitsstudie for flaumdempende tiltak i Vossavassdraget, dokumentkode 129236-RiVass-RAP-01,» 2016.
- [38] E. Holmqvist, Kaliberingsvannføringer Vossovassdraget, Internt notat, NVE, 2005.
- [39] NVE, *Konkurransesgrunnlag. 1114 Prosjektering av sikringstiltak mot flum i Vossovassdraget, Voss kommune i Hordaland, Saksnr. 2015032313*, 2017.
- [40] E. Holmqvist, «Flomberegning for Vosso (062Z),» NVE, 2015.
- [41] B. T. Barlaup, «Redningsaskjon for Vossolaksen - framdriftsrapport per 2017,» 2018.
- [42] B. T. Barlaup, «Redningsaksjonen for Vossolaksen,» DN-utredning, 2013.

- [43] BKK PRODUKSJON AS, «Tilleggsoverføring til Evanger kraftverk og utbygging av Tverrelvi og Muggåselvi:Konsekvensutgreiing hydrologi,» BKK PRODUKSJON AS, 2011.
- [44] B. Aagaard og F. Johannessen, «Flomløpstunneler - Stabilitetsmessige konsekvenser av høye vannhastigheter,» Sweco Norge AS, Trondheim, 2018.